

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra informatiky

Koncentrátor portů RS-232

RS-232 Port Concentrator

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne 4.5.2010

.....

Děkuji Ing. Petru Grygárkovi, Ph.D. za odborné vedení práce, konzultace, cenné rady a připomínky, které mi byly při psaní závěrečné diplomové práce velkým přínosem.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá návrhem Koncentrátoru RS-232, Koncentrátor je vybaven jedním rozhraním Ethernet a čtyřmi rozhraním RS-232. Teoretická část práce obsahuje popis použitých technologií. Praktická část se věnuje nejprve výběru a popisu použitých komponent. Text zmiňuje také možné alternativní komponenty. To přispívá k dobré opakovatelnosti konstrukce. Následně je popsán návrh zapojení jednotlivých komponent a v návrhovém software navržena deska plošného spoje. Návrh je realizován tak, aby umožnil případné další rozšíření připojením modulu s dalšími porty RS-232.

K navrženému hardware je dále realizován ukázkový software, který demonstruje možnosti navrženého zařízení. Při jeho tvorbě bylo využito návrhového prostředí Mikroelektronika mikroPascal.

Klíčová slova

Koncentrátor RS-232, rozhraní, Ethernet, TCP, UDP, IP, mikrokontrolér, webové rozhraní, web server, modul ENC28J60, UART, SPI, mikroPascal.

Abstract

This thesis deals with the RS-232 concentrator, the concentrator is equipped with one Ethernet and four RS-232. The theoretical part contains a description of the technology. The practical part deals with the first selection and description of the components. The text also mentions a possible alternative components. This makes for a good repeatability of the structure. Subsequently, the proposal described the involvement of individual components and design software designed PCB. The proposal is implemented to allow any further expansion module connected to other ports, RS-232.

The proposed hardware is implemented as a sample software that demonstrates the proposed facility. When his work was used pen design environment mikroPascal.

Key Words

RS-232 concentrator, Ethernet, TCP, UDP, IP, microcontrollerweb interface, web server module ENC28J60, UART, SPI, mikroPascal.

Seznam použitých symbolů a zkratek

CD - kompaktní disk (z anglického Compact Disc) – též jako prefix nebo součást zkratek či akronymů různých formátů kompaktních disků.

CISC - (anglicky Complex Instruction Set Computer) označuje procesor s velkou sadou strojových instrukcí (řádově stovky) a relativně malým počtem registrů (jejich počet obvykle nepřesahuje 30). Procesory CISC mají různě dlouhé strojové instrukce, jejichž vykonání trvá různě dlouhou dobu. Označení CISC bylo zavedeno jako protiklad až poté, co se prosadily procesory RISC, které mají instrukční sadu naopak maximálně redukovanou.

DMA - (Direct Memory Access) je způsob, kterým počítače umožňují hardwarovému subsystému přímý přístup do operační paměti tzn. bez účasti procesoru. Pomocí DMA mohou počítače přenášet data mezi zařízeními a operační pamětí s podstatně menšími nároky na procesor. DMA používá mnoho komponent například řadiče disků, grafické karty, síťové karty nebo zvukové karty.

DSP - Digitální Signálový Procesor je mikroprocesor, jehož návrh je optimalizován pro algoritmy používané při zpracování digitálně reprezentovaných signálů. Hlavním nárokem na systém bývá průběžné zpracování velkého množství dat.

EEPROM - je anglická zkratka pro Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory. Jedná se o elektricky mazatelnou semipermanentní paměť typu ROM-RAM.

JTAG - Joint Test Action Group je standard definovaný normou IEEE 1149.1, tzv. Standard Test Access Port (TAP). Jedná se o architekturu Boundary-Scan pro testování plošných spojů, programování FLASH pamětí apod.

LAN - Local Area Network označuje počítačovou síť, která pokrývá malé geografické území (např. domácnosti, malé firmy). Přenosové rychlosti jsou vysoké, řádově Gb/s. Nejrozšířenějšími technologiemi v dnešních LAN sítích jsou Ethernet a Wi-Fi, v minulosti byly používány např. ARCNET a Token Ring.

LCD - Displej z tekutých krystalů (anglicky liquid crystal display) je tenké a ploché zobrazovací zařízení skládající se z omezeného (velikostí monitoru) počtu barevných nebo monochromatických pixelů seřazených před zdrojem světla nebo reflektorem. Vyžaduje poměrně malé množství elektrické energie; je proto vhodné pro použití v přístrojích běžících na baterie.

LED - (z anglického Light-Emitting Diode - dioda emitující světlo) je elektronická polovodičová součástka obsahující přechod P-N. Narozdíl od klasických diod, LED vyzařuje viditelné světlo, infra případně UV v úzkém spektru barev a používá se v široké řadě aplikací.

MTBF - (Mean Time Between Failures) označuje střední dobu v hodinách, po kterou se očekává, že zařízení bude bezchybně pracovat. Obecně platí, že čím větší číslo u hodnoty MTBF, tím je daná komponenta spolehlivější. Pro většinu komponent je hodnota typicky v řádu statisíců hodin, například u pevných disků se nejčastěji udává 500000 - 1200000.

OS - Operační systém (OS) je software, skládající se z programů a dat, který běží na počítačích, řídí počítačový hardware bohatství a poskytuje společné služby pro realizaci různých aplikačního software.

PCB - Printed Circuit Board - deska plošných spojů.

PCI - (z anglického Peripheral Component Interconnect) nebo PCI Standard (v praxi se však téměř vždy zkracuje na PCI) je počítačová sběrnice pro připojení periférií k základní desce, která není omezená na platformu osobních počítačů PC. Používá paralelní přenos dat (šířka 32 nebo 64 bitů) a je orientovaná na přenos zpráv místo přímé komunikace (anglicky message passing). Od zbytku systému je oddělena pomocí PCI mostů, které zprostředkovávají komunikaci s připojenými kartami.

PCMCIA - (Peripheral Component MicroChannel Interconnect Architecture, později Personal Computer Memory Cards International Association) je rozšiřující slot, vyskytující se především v notebookech.

RAM - (anglicky random-access memory, paměť s přímým přístupem) je v informatice typ elektronické paměti, která umožňuje přístup k libovolné části v konstantním čase bez ohledu na její fyzické umístění (na rozdíl od sekvenčních pamětí jako je magnetická páska, optický disk nebo pevný disk). Proto je doslovný překlad anglického „random“ v podobě „paměť s náhodným přístupem“ zavádějící a je vhodnější používat český termín paměť s přímým přístupem (nebo libovolným přístupem), jak je uvedeno výše. Paměť RAM se používá v počítačích a dalších elektronických přístrojích.

RISC - (anglicky Reduced Instruction Set Computer, výslovnost risk) označuje v informatice jednu z architektur mikroprocesorů. RISC označuje procesory s redukovanou instrukční sadou, jejichž návrh je zaměřen na jednoduchou, vysoce optimalizovanou sadu strojových instrukcí, která je v protikladu se specializovanými sadami instrukcí ostatních architektur.

RS-232 - Standard RS-232, resp. jeho poslední varianta RS-232C z roku 1969, (také sériový port nebo sériová linka) se používá jako komunikační rozhraní osobních počítačů a další elektroniky. RS-232 umožňuje propojení a vzájemnou sériovou komunikaci dvou zařízení, tzn. že jednotlivé bity přenášených dat jsou vysílány postupně za sebou (v sérii) po jediném vodiči, podobně jako u síťové technologie Ethernet nebo rozhraní USB.

SPI - (Serial Peripheral Interface) je sériové periferní rozhraní. Používá se pro komunikaci mezi řídícími mikroprocesory a ostatními integrovanými obvody (EEPROM, A/D převodníky, displeje...). Komunikace je realizována pomocí společné sběrnice. Adresace se provádí pomocí zvláštních vodičů, které při logické nule aktivují příjem a vysílání zvoleného zařízení (piny SS nebo CS).

TCP - protokol (Transmission Control Protocol) je jedním ze základních protokolů sady protokolů Internetu, konkrétně představuje transportní vrstvu. Použitím TCP mohou aplikace na počítačích propojených do sítě vytvořit mezi sebou spojení, přes které mohou přenášet data. Protokol garantuje spolehlivé doručování a doručování ve správném pořadí. TCP také rozlišuje data pro vícenásobné, současně běžící aplikace (například webový server a emailový server) na stejném počítači.

UDP - (User Datagram Protocol) je jedním ze sady protokolů internetu. O protokolu UDP

říkáme, že nedává záruky na datagramy, které přenáší mezi počítači v síti. Někdy je označován jako nespolehlivý, ale to je velmi zavádějící označení. Na rozdíl od protokolu TCP totiž nezaručuje, zda se přenášený datagram neztratí, zda se nezmění pořadí doručených datagramů nebo zda se některý datagram nedoručí vícekrát.

USB - (Universal Serial Bus) je univerzální sériová sběrnice. Moderní způsob připojení periférií k počítači. Nahrazuje dříve používané způsoby připojení (sériový a paralelní port, PS/2, Gameport apod.) pro běžné druhy periférií - tiskárny, myši, klávesnice, joysticky, fotoaparáty, modemy atd., ale i pro přenos dat z videokamer, čteček paměťových karet, MP3 přehrávačů, externích disků a externích vypalovacích mechanik.

Wi-Fi - je označení pro několik standardů IEEE 802.11 popisujících bezdrátovou komunikaci v počítačových sítích (též Wireless LAN, WLAN). Samotný název WiFi vytvořilo Wireless Ethernet Compatibility Alliance. Tato technologie využívá bezlicenčního frekvenčního pásma, proto je ideální pro budování levné, ale výkonné sítě bez nutnosti pokládky kabelů. Název původně neměl znamenat nic,[1] ale časem se z něj stala slovní hříčka wireless fidelity (bezdrátová věrnost) analogicky k Hi-Fi (high fidelity – vysoká věrnost).

WiMAX - (Worldwide Interoperability for Microwave Access) je stále se vyvíjející bezdrátovou technologií. WiMAX je definován v řadě norem IEEE 802.16. Jde o standard pro bezdrátovou distribuci dat zaměřený na venkovní síť, tedy jako doplněk k Wi-Fi chápanému jako standard pro vnitřní síť.

OBSAH

1 ÚVOD	10
2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE	13
2.1 Stručná charakteristika použitých komunikačních standardů.....	13
2.1.1 RS-232	13
2.1.2 Ethernet	22
3 VÝBĚR VHODNÝCH KOMPONENT	25
3.1 Specifikace systému	25
3.2 Výběr vhodné platformy	28
3.2.1 Embedded PC.....	29
3.2.1 Mikrokontroléry	29
3.2.1.1 Atmel AT32UC3Axxxx	32
3.2.1.2 Atmel AT91SAM7xxxx	33
3.2.1.3 NXP Semiconductors PXAHx0KFBE	33
3.2.1.4 NXP Semiconductors LPC236xxx	34
3.2.1.5 NXP Semiconductors LPC175xxx	34
3.2.1.6 Microchip PIC24FJxxxGxxxx	35
3.2.1.7 Microchip PIC32MXxxxFxxxH/L	35
3.3 Výběr mikrokontroléru	36
4 NÁVRH OBVODOVÉHO SCHÉMATU	40
4.1 Volba jednotlivých komponent	40
4.1.1 Mikropkontrolér a jeho pouzdro	40
4.1.2 Ethernet	42
4.1.3 Modul ENC28J60	45
4.1.4 RS-232	46
4.2 Programování MCU Microchip.....	47
4.3 Návrh DPS řídicí desky s mikrokontrolérem	49
4.4 Návrh DPS desky s porty RS232	51
5 IMPLEMETACE ŘÍDÍCÍHO SOFTWARE.....	52
5.1 Ethernet a jeho konfigurace.....	52
6 OŽIVENÍ ZAŘÍZENÍ A JEHO POUŽITÍ	53
6.1 Použití zařízení.....	54

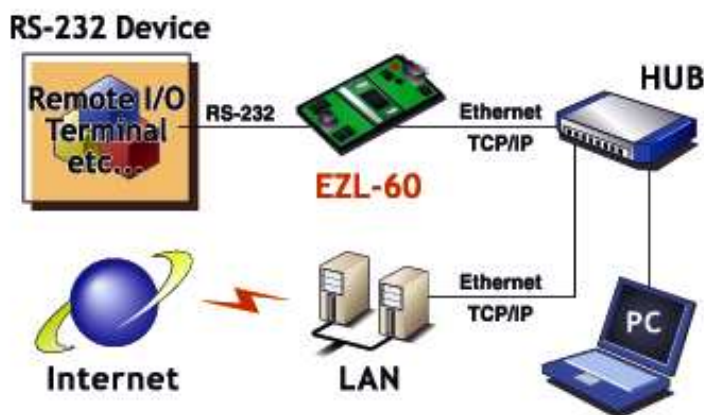
7 MOŽNÁ BUDOUCÍ ROZŠÍŘENÍ A ZMĚNY	55
7.1 Hardware.....	55
7.2 Software	55
8 ZÁVĚR	57
9 BIBLIOGRAFIE	58

1 Úvod

Sítě založené na standardu Ethernet se především díky obrovskému rozmachu sítě Internet velmi rychle staly celosvětovým fenoménem. Univerzální standard Ethernet a jím používané přenosové protokoly jsou ideálním médiem pro propojování různých aplikací. Ethernet využívá široké spektrum aplikací - od elektronické pošty a prohlížeče webových stránek přes přenos řeči a obrazu až po průmyslové sítě.

I přes velký rozmach Ethernetu stále existují zařízení, která tímto rozhraním nedisponují. A právě zde nacházejí uplatnění různé převodníky. Mnohdy ale je však zařízení s jiným rozhraním více na jednom místě např. v jednom racku je několik zařízení s rozhraním RS-232 apod. Právě v této situaci je místo velkého množství samostatných převodníků vhodnější použít zařízení, které můžeme nazvat třeba koncentrátor nebo hub. Takové zařízení disponuje několika rozhraními pro ovládání zařízení a jedním rozhraním pro vstupní data.

Podobná zařízení jsou běžně v prodeji a našli bychom jich na trhu velmi mnoho. Obvykle ale platí, že díky použití v průmyslu a poměrně malému množství vyrobených kusů (oproti běžné spotřební elektronice) jsou jejich ceny vyšší a jejich dostupnost horší (dodávají je specializované firmy).



Obr. 1.1 Schéma použití konvertoru Ethernet – RS 232¹

Cílem této práce je takové zařízení navrhnout z běžně dostupných komponentů. Konkrétně se bude jednat o koncentrátor portu RS-232, který bude vzdáleně zpřístupněný pomocí protokolu TCP/IP. Celé zařízení by mělo mít přiměřené rozměry a mělo by být modulární s možností dalšího rozšiřování porty RS-232. Na obrázku 1.2 je jedno z na trhu nabízených zařízení.

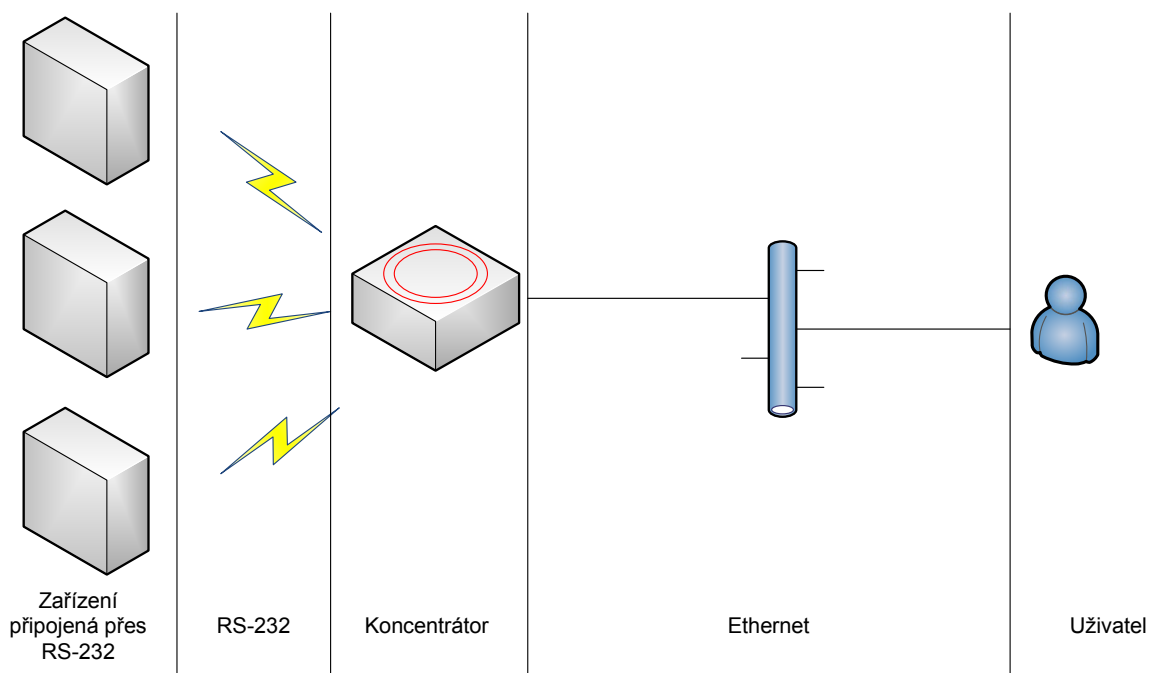
Jednotlivé kapitoly postupně popisují, jak celé zařízení vznikalo.

¹ Vojáček, A. EZL- 50 a EZL- 60 - modul a kit převodníku Ethernet - RS-232. hw.cz. [Online], 2005. [citováno 2010-4-6]. Dostupné z: <<http://hw.cz/Produkty/Obecne-produkty/ART1205-EZL--50-a-EZ--60---modul-a-kit-prevodniku-Ethernet---RS-232.html>>.

První kapitola je věnována možným řešením, výběru vhodné platformy a porovnání nabídky komponent na trhu. Další kapitoly jsou věnovány popisu použitých komponent, návrhu zapojení a desky plošného spoje (dále jen DPS). Pro chod celého zařízení je velmi důležité implementovat řídicí software, kterému je věnována další kapitola. Poslední, závěrečná kapitola je věnována popisu výhod modulární konstrukce a možným rozšířením zařízení.



Obr. 1.2 Koncentrator portů RS-232



Obr. 1.3 Funkce Koncentratoru portů RS-232

V textu této práce používám velké množství zkratk (především anglických názvů). I přesto, že většina zkratk se běžně používá a jsou tedy odborné veřejnosti známé, vždy se snažím uvést celý název v anglickém jazyce a také jeho volný překlad, případně i podrobněji vysvětlit, o co se jedná.

Nedílnou součástí diplomové práce je přiložené CD, na kterém se kromě této práce nacházejí dokumentace k použitým komponentám a elektronickým součástkám (katalogové listy), podklady pro výrobu a osazení PCB a další dokumenty, které se při realizaci zařízení povedlo nashromáždit.

2 Teoretická východiska práce

Tato kapitola obsahuje popis použitých standardů a informace o možnostech řešení problému a výběru vhodných komponent.

2.1 Stručná charakteristika použitých komunikačních standardů

Následující část je věnována podrobnějšímu popisu použitých komunikačních standardů.

2.1.1 RS-232

RS232 je rozhraní pro přenos informací vytvořené původně pro připojení terminálů k serveru (a to buď přímo, nebo přes modem), později se však začalo používat i jinde. Na sériový port se postupně začala připojovat třeba světelná pera, počítačové myši, dotykové LCD, perové i řezací plottery a některé tiskárny, modemy, propojovaly se s ním počítače, budovaly jednoduché počítačové sítě apod.

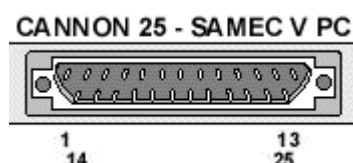
Rozhraní je poměrně staré (bylo vytvořeno v roce 1962) a prošlo několika revizemi. Dnes používaná verze, označována jako RS-232F, vznikla v roce 1997. Specifikace odlišností jednotlivých verzí standardu je nad rámec tohoto textu.

Rozhraní RS-232 je kromě osobních počítačů dodnes podporováno v mnoha dalších zařízeních. Setkat se s ním lze především v průmyslových aplikacích, používá se často jako komunikační a programovací rozhraní regulátorů motorů v průmyslových strojích, frekvenčních měničích, v případě potřeby se přes něj nastavují některé aktivní síťové prvky (Cisco), mnohé servery (Sun, IBM) stále podporují textové terminály připojené k sériovým atd. I přesto, že nové základní desky počítačů již nemají vyveden konektor tohoto rozhraní, jsou jím vybaveny. Stačí pouze dokoupit příslušnou záslepku s konektorem a připojit k pinům na desce. V případě desek, kde se výrobce rozhodl ušetřit i na vyvedení tohoto rozhraní pomocí pinů, je možné dokoupit konvertor mezi universální sériovou sběrnici (USB) a sériovým portem (RS-232) či mezi kartou typu PCMCIA a RS-232.

Jak je možné, že se tak staré komunikační rozhraní stále používá? Je to dáno především jeho jednoduchostí a aplikací, kde nejsou potřeba vysoké rychlosti přenosu. Takových je hlavně v řídicích a dalších průmyslových aplikacích stále hodně. Například pro měření teploty v technologickém procesu je rychlost RS-232 dostatečná a pokud přidáme jednoduchý standard, který eliminuje jak náklady na pořízení, tak případné náklady na servis, dostáváme v podstatě ideální komunikační rozhraní. Nejnovější revize standardu RS-232F nabízí tyto rychlosti přenosu dat:

- 110 bitů za sekundu
- 150 bitů za sekundu
- 300 bitů za sekundu
- 600 bitů za sekundu
- 1200 bitů za sekundu
- 2400 bitů za sekundu
- 4800 bitů za sekundu

- 9600 bitů za sekundu
- 18200 bitů za sekundu
- 38400 bitů za sekundu
- 57600 bitů za sekundu
- 115200 bitů za sekundu



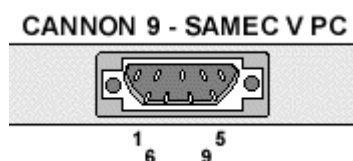
Obr. 2.1 Číslování pinů konektoru Cannon 25²

Cannon 25			
PIN	NÁZEV	SMĚR	POPIS
1	SHIELD	---	Shield Ground
2	TXD	-->	Transmit Data
3	RXD	<--	Receive Data
4	RTS	-->	Request to Send
5	CTS	<--	Clear to Send
6	DSR	<--	Data Set Ready
7	GND	---	System Ground
8	CD	<--	Carrier Detect
9-19	N/C	-	-
20	DTR	-->	Data Terminal Ready
21	N/C	-	-
22	RI	<--	Ring Indicator
23-25	N/C	-	-

Tab. 2.1 Popis pinů konektoru Cannon 25³

² Olmr, V. HW server představuje - Sériová linka RS-232. hw.cz. [Online] 2005. [Citováno: 2010-4-4]. Dostupné z: <<http://hw.cz/rs-232>>.

³ Olmr, V. HW server představuje - Sériová linka RS-232. hw.cz. [Online] 2005. [Citováno: 2010-4-4]. Dostupné z: <<http://hw.cz/rs-232>>.



Obr. 2.2 Číslování pinů konektoru Cannon 9 ⁴

Teoreticky je možné použít jakoukoliv rychlost, výčet obsahuje pouze nejběžnější používané rychlosti. Úplně nejběžnější je použití rychlosti 19200 bitů za sekundu. Maximální rychlost je dána mimo jiného také maximální vzdáleností. Původní rozhraní RS-232 z roku 1962 bylo navrženo pro maximální vzdálenost 20 metrů. Pro větší odolnost proti rušení je informace po propojovacích vodičích přenášena větším napětím, než je standardních 5 V (podrobnosti

o napěťových úrovních lze najít na obrázek 2.4 a v tabulce 2.4). Přenos informací probíhá asynchronně, pomocí pevně nastavené přenosové rychlosti a synchronizace sestupnou hranou startovacího impulsu.

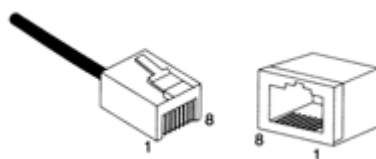
Standard RS-232 neobsahuje žádnou specifikaci konektorů, ale nejčastěji jsou používány tři konektory – Cannon 9 (obrázek a tabulka 2.1), Cannon 25 (obrázek a tabulka 2.2) a RJ45 (obrázek a tabulka 2.3).

Cannon 9			
PIN	NÁZEV	SMĚR	POPIS
1	CD	<--	Carrier Detect
2	RXD	<--	Receive Data
3	TXD	-->	Transmit Data
4	DTR	-->	Data Terminal Ready
5	GND	---	System Ground
6	DSR	<--	Data Set Ready
7	RTS	-->	Request to Send
8	CTS	<--	Clear to Send
9	RI	<--	Ring Indicator

Tab. 2.2 Popis pinů konektoru Cannon 9 ⁵

⁴ Olmr, V. HW server představuje - Sériová linka RS-232. hw.cz. [Online] 2005. [Citováno: 2010-4-4]. Dostupné z: <<http://hw.cz/rs-232>>.

⁵ Olmr, V. HW server představuje - Sériová linka RS-232. hw.cz. [Online] 2005. [Citováno: 2010-4-4]. Dostupné z: <<http://hw.cz/rs-232>>.

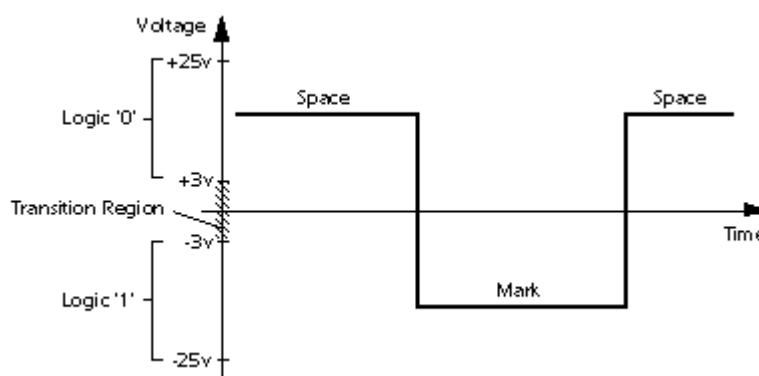


Obr. 2.3 Číslování pinů konektoru RJ45⁶

RJ45			
PIN	NÁZEV	SMĚR	POPIS
1	RI	<--	Ring Indicator
2	CD	<--	Carrier Detect
3	DTR	-->	Data Terminal Ready
4	GND	---	System Ground
5	RxD	<--	Receive Data
6	TxD	-->	Transmit Data
7	CTS	<--	Clear to Send
8	RTS	-->	Request to Send

Tab. 2.3 Popis pinů konektoru RJ45⁷

Asynchronní přenos dat přes sériový port RS-232C může být simplexní, poloduplexní či plně duplexní. K datovým bitům může být doplněn paritní bit. Komunikační protokol je rozšířen i o takzvané start a stop bity, které slouží k synchronizaci vysílacího a přijímacího zařízení.



Obr. 2.4 Napěťové úrovně RS-232⁸

⁶ Olmr, V. HW server představuje - Sériová linka RS-232. hw.cz. [Online] 2005. [Citováno: 2010-4-4]. Dostupné z: <<http://hw.cz/rs-232>>.

⁷ Olmr, V. HW server představuje - Sériová linka RS-232. hw.cz. [Online] 2005. [Citováno: 2010-4-4]. Dostupné z: <<http://hw.cz/rs-232>>.

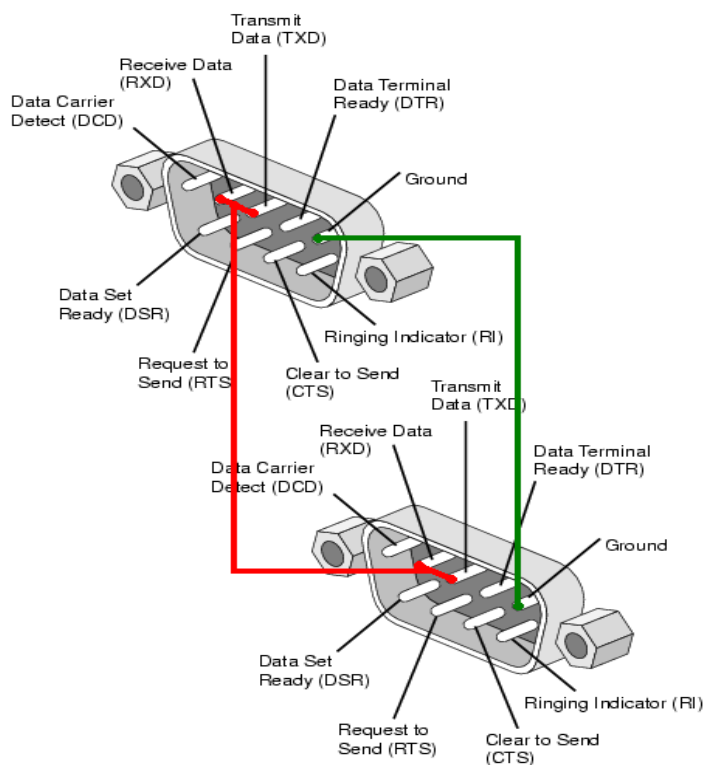
⁸ Olmr, V. HW server představuje - Sériová linka RS-232. hw.cz. [Online] 2005. [Citováno: 2010-4-4]. Dostupné z: <<http://hw.cz/rs-232>>.

Datové signály		
Úroveň	Vysílač	Přijímač
Log. L	+5 V to +15 V	+3 V to +25 V
Log. H	-5 V to -15 V	-3 V to -25 V
Nedefinovaný	-3 V to +3 V	

Tab. 2.4 Datové signály RS-232⁹

Řídící signály		
Signál	Driver	Terminátor
"Off"	-5 V to -15 V	-3 V to -25 V
"On"	5 V to 15 V	3 V to 25 V

Tab. 2.5 Řídící signály RS-232¹⁰



Obr. 2.5 Způsob propojení dvou zařízení přes sériový port při použití poloduplexního přenosu dat se softwarovým řízením¹¹

⁹ Olmr, V. HW server představuje - Sériová linka RS-232. hw.cz. [Online] 2005. [Citováno: 2010-4-4]. Dostupné z: <<http://hw.cz/rs-232>>.

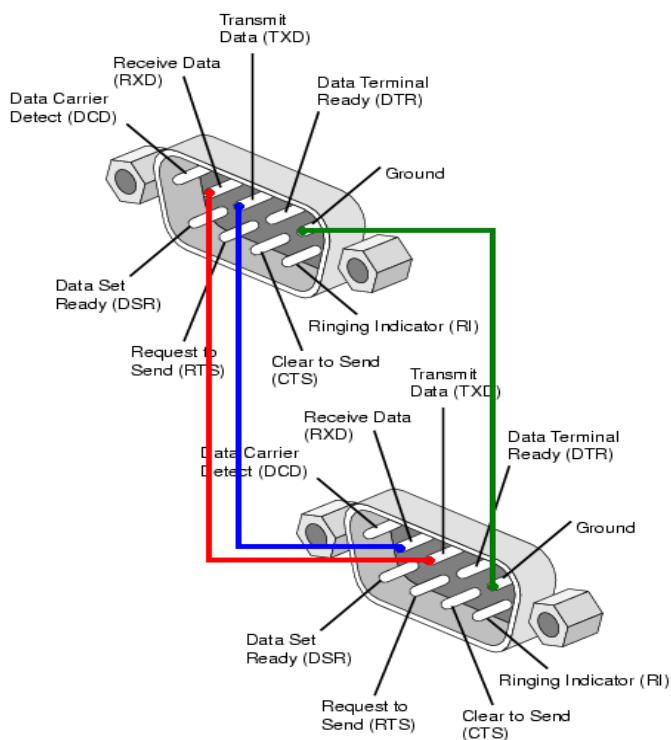
¹⁰ Olmr, V. HW server představuje - Sériová linka RS-232. hw.cz. [Online] 2005. [Citováno: 2010-4-4]. Dostupné z: <<http://hw.cz/rs-232>>.

¹¹ Tišnovský, P. Komunikace pomocí sériového portu RS-232C podruhé. root.cz. [Online] 2008-11-12. Citováno: 2010-4-4]. Dostupné z: <<http://www.root.cz/clanky/komunikace-pomoci-serioveho-portu-rs-232c-podruhe/>>.

RS-232 používá dvě napěťové úrovně. Logickou 1 a 0. Logická 1 je indikována zápornou úrovní, zatímco logická 0 je přenášena kladnou úrovní výstupních vodičů. Názorně je to vidět na obrázku 2.4. Napěťové úrovně pro datové a řídicí signály jsou uvedeny v tabulkách 2.4 a 2.5.

U RS-232 se používá více režimů přenosů dat. Nejjednodušším je režim poloduplexní, kdy se komunikuje se zařízením, které nevrací, případně nepřijímá žádná data (řádkový LCD, některé tiskárny, GPS přijímač). Je možné zde zapojit pouze dva vodiče – TxD a Ground. Pin TxD se propojí s pinem RxD a je tak vysílající stranou možné sledovat, co je opravdu vysíláno (obrázek 2.5).

Mnohem běžnější je plně duplexní provoz, při kterém jsou obě zařízení propojena dvěma signálovými vodiči zapojenými do kříže. Toto zapojení je na obrázku 2.6. Stejně jako v předchozím případě, je i v tomto případě potřeba přenos dat řídit softwareově. Řízení v tomto případě spočívá v tom, že pokud zařízení zjistí, že od druhého zařízení není schopné přijímat data, může druhému zařízení vyslat ASCII znak s kódem 19, který je také známý svým označením DC3 (device control 3) nebo také X-OFF. Druhé zařízení tento znak přijme a ihned poté přestane odesílat další data. Ve chvíli, kdy je první zařízení opět připraveno data přijímat, vyšle po sériové lince ASCII znak s kódem 17 (DC1 nebo též X-ON). Po jeho přijetí začne druhé zařízení opět posílat data.



Obr. 2.6 Způsob propojení dvou zařízení přes sériový port při použití plně duplexního přenosu dat¹²

¹² Tišnovský, P. Komunikace pomocí sériového portu RS-232C podruhé. root.cz. [Online] 2008-11-12. Citováno: 2010-4-4]. Dostupné z: <<http://www.root.cz/clanky/komunikace-pomoci-serioveho-portu-rs-232c-podruhe/>>.

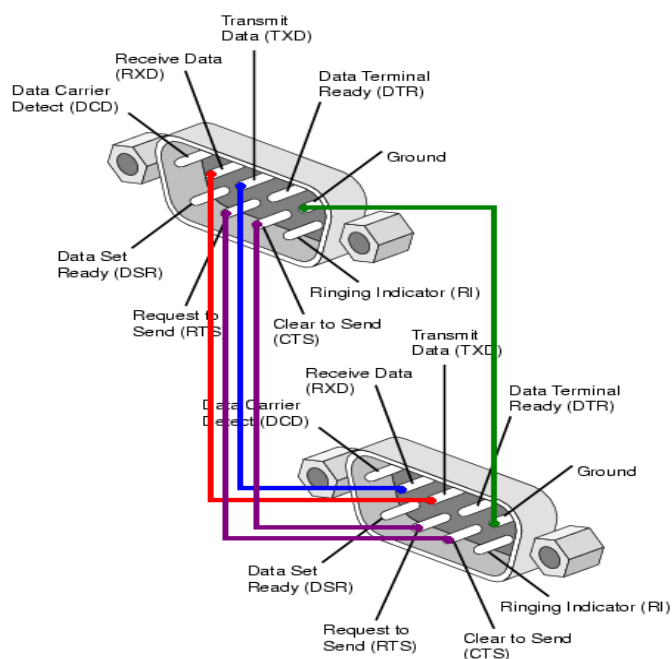
Pin	Celý název	Význam
DCD	Data Carrier Detect	Detekce nosné. Modem oznamuje terminálu, že na telefonní lince detekoval nosný kmitočet
DTR	Data Terminal Ready	Terminál tímto signálem oznamuje modemu, že je připraven komunikovat
DSR	Data Set Ready	Modem tímto signálem oznamuje terminálu, že je připraven komunikovat
RTS	Request to Send	Terminál tímto signálem oznamuje modemu, že komunikační cesta je volná
CTS	Clear to Send	Modem tímto signálem oznamuje terminálu, že komunikační cesta je volná
RI	Ring Indicator	Indikátor zvonění. Modem oznamuje terminálu, že na telefonní lince detekoval signál zvonění

Tab. 2.6 Význam pinů RS-232¹³

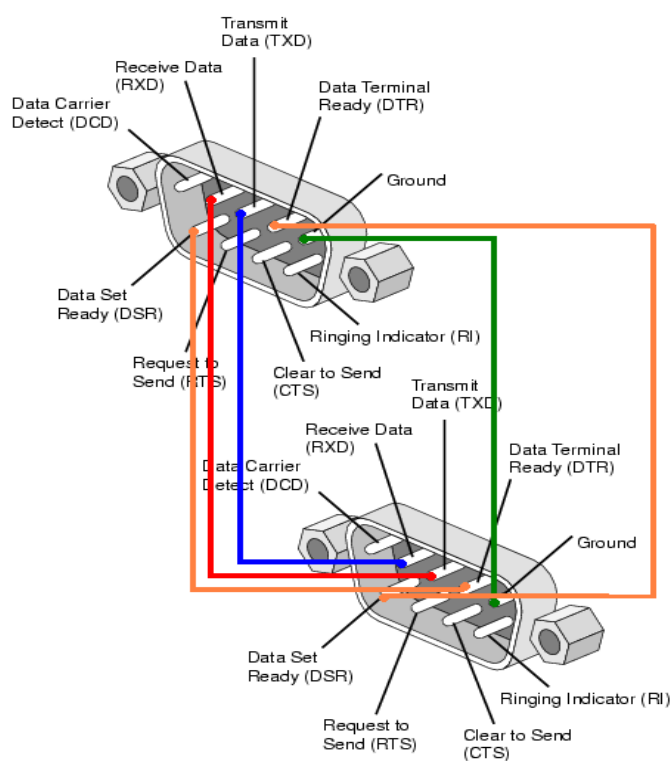
Další možností je místo softwarově řízené komunikace, při níž se většinou používají výše zmíněné ASCII kódy DC1, X-ON a DC3, X-OFF, použít i takzvané hardwarové řízení přenosu. V praxi se ustálily dva způsoby hardwarového řízení. První způsob využívá pinů RTS a CTS, druhý způsob pak pinů DTR a DSR. Při hardwarovém řízení pomocí pinů RTS/CTS, jsou potvrzovací signály posílané mezi dvojicí pinů RTS a CTS. Piny RTS a CTS jsou zapojeny do kříže, přičemž pin RTS je výstupní a pin CTS naopak vstupní. Jak v tomto případě vypadá zapojení, je vidět na obrázku 2.7.

Pro řízení komunikace nemusí být použity pouze piny RTS/CTS. Komunikaci je možné řídit také pomocí signálů na pinech DTR a DSR. Tento způsob řízení je na obrázku 2.8. Podrobný popis zkratk RTS, CTS, DTS, DSR, TI s DCD je uveden v tabulce 2.6.

¹³ Olmr, V. HW server představuje - Sériová linka RS-232. hw.cz. [Online] 2005. [Citováno: 2010-4-4]. Dostupné z: <<http://hw.cz/rs-232>>.



Obr. 2.7 Způsob propojení dvou zařízení při použití přenosu dat řízeného signály RTS a CTS ¹⁴

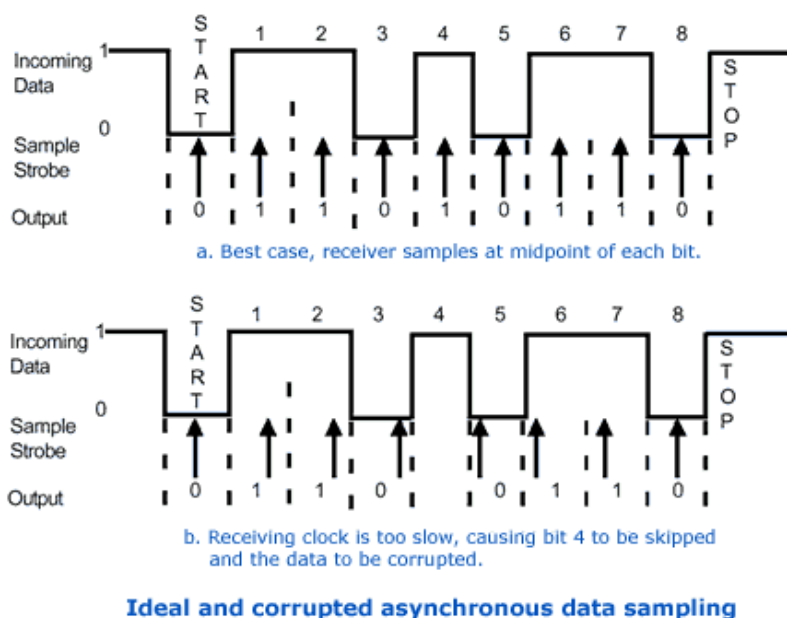


Obr. 2.8 Způsob propojení dvou zařízení při použití přenosu dat řízeného signály DTR a DSR ¹⁵

¹⁴ Tišnovský, P. Komunikace pomocí sériového portu RS-232C podruhé. root.cz. [Online] 2008-11-12. Citováno: 2010-4-4]. Dostupné z: <<http://www.root.cz/clanky/komunikace-pomoci-serioveho-portu-rs-232c-podruhe/>>.

Jak už bylo popsáno, komunikace u RS-232 je založena na sériovém přenosu dat. Je jasné, že proud přenášených dat musí být nějakým způsobem synchronizován, aby přijímací strana jednotlivé bity od sebe rozeznala. Existují dvě možnosti, jak to provést. Buď se kromě vlastního bitového vodiče používá ještě jeden vodič s hodinovým signálem (synchronní přenos) nebo se informace o synchronizaci vhodným způsobem zkombinuje s proudem přenášených bitů (asynchronní přenos). Z předchozího textu je jasné (v popisu není žádný pin s hodinovým signálem), že se u RS-232 používá druhá možnost.

Asynchronní komunikace přesto vyžaduje jak u přijímače, tak u vysílače nějakou synchronizaci. Při asynchronní komunikaci se používají synchronizační značky vkládané na začátek a konec většího celku bitů. Jedná se nejčastěji o 5 až 8 bitů, tedy až celý bajt (nejčastější způsob). Přijímací i vysílací strana, se nejprve musí vhodným způsobem nakonfigurovat, aby přijímač věděl, v jakém formátu má data očekávat a jak rychle je nutné vzorkovat datovou linku (jaká je přenosová rychlost).



Ideal and corrupted asynchronous data sampling

Obr. 2.9 Asynchronní přenos jednoho bajtu (osmi bitů) po sériové lince. Nahoře je zobrazen ideální případ, kdy se hodnoty jednotlivých bitů vzorkují přesně v jejich polovině, dole pak situace, která nastane, pokud vysílač vysílá data rychleji nebo naopak přijímač používá nižší vzorkovací frekvenci – na konci přenosu osmi datových bitů již dochází k chybě.¹⁶

Před zahájením komunikace je nutné jak u vysílače, tak u přijímače nastavit parametry

¹⁵ Tišnovský, P. Komunikace pomocí sériového portu RS-232C podruhé. root.cz. [Online] 2008-11-12. Citováno: 2010-4-4]. Dostupné z: <<http://www.root.cz/clanky/komunikace-pomoci-serioveho-portu-rs-232c-podruhe/>>.

¹⁶ KLAŠKA, Luboš. Ethernet po 30 letech (1) - trocha historie nikoho nezabije. Svetsiti [online]. 2003, [cit. 2011-04-26]. Dostupný z: <<http://www.svetsiti.cz/print.asp?rubrika=Technologie&clanekID=247>>.

přenosu (na obou stranách musí být stejné nastavení) – počet start/stop bitů (5-8 bitů), přenosová rychlost uváděná v bitech za sekundu (bitrate), délka stop bitu (viz další text) a v některých případech i to, zda a jakým způsobem se přenáší paritní bit, který představuje velmi primitivní podobu detekčního kódu.

Pokud nedochází k žádnému přenosu dat, je datový vodič v klidovém stavu, což znamená vysokou úroveň napětí. Vysílací strana informuje přijímač o tom, že bude vysílat takzvaným start bitem (s hodnotou 0). Změnou stavu linky se přijímač dozví, že vysílač bude vysílat předem daný počet bitů s předem nastavenou bitovou rychlostí. Následně dochází k přenosu dat a dalších informací. Přijímač strana vzorkuje stav linky a podle svých vlastních hodin rozeznává hodnoty jednotlivých bitů. Komunikace je ukončena tzv. stop bitem (ten má vždy hodnotu logické jedničky, což znamená vysokou úroveň napětí). Názorně je celá komunikace na obrázku 2.9.

O samotné čtení přenášených bitů se obvykle stará obvod, označovaný jako UART. Ten přijímaný signál navzorkuje. Vzorkovací frekvence může být až 16× vyšší než bitrate, což znamená, že v průběhu trvání jednoho bitu se ve skutečnosti přečte šestnáct vzorků. Ty jsou dále zpracovány takovým způsobem, aby se vyloučilo rušení, nevyvážená přenosová rychlost atd.

Osobní počítače jsou vybaveny buď samostatným čipem UART popř. USART, nebo je tento univerzální vysílač a přijímač zabudován do nějakého složitějšího čipu (většinou jižního můstku – south bridge – na základní desce). Komunikaci na nejnižší úrovni, včetně generování start bitu, stop bitu i paritního bitu, obstarává právě UART, programátorovi postačuje vhodně nastavit parametry přenosové linky a při vlastním přenosu dat dostatečně rychle reagovat na přerušení, které přijde ve chvíli, kdy se mají data vysílat či jsou naopak přijata. Obdobně je tomu i u mikrokontrolérů, obvykle obsahují jedno nebo více rozhraní UART.

V předchozím odstavci byla použita nová zkratka, která nebyla dostatečně vysvětlena. Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART), česky tedy univerzální asynchronní vysílač/přijímač, je klíčovou součástí sériové komunikace subsystému počítače i mikrokontrolérů. UART přenáší jednotlivé bity sekvenčním způsobem (sériová komunikace). Můžeme tedy říct, že UART slouží k převodu dat v paralelní formě na formu sekvenční a po přenesení zase zpět. Každý UART obsahuje posuvný registr, který slouží k převodu mezi paralelní a sériovou formou.

2.1.2 Ethernet

Druhým rozhraním, které bude koncentrátor obsahovat, je Ethernet. Ethernet (nebo také standard IEEE 802.3) je v současné době nejpoužívanější síťovou technologií. V referenčním modelu ISO/OSI pokrývá fyzickou a linkovou vrstvu, v modelu TCP/IP spadá pod vrstvu síťového rozhraní. Historie Ethernetu začíná na Havaii¹⁷, kdy na tamní univerzitě vytvořili rádiovou síť ALOHA na propojení ostrovů, která je prapředkem všech sítí se sdíleným médiem. Síť Ethernet jako taková vznikla poprvé ve středisku PARC (*Palo Alto Research Center*) pro propojení tamních počítačů v polovině 70 let. Síť pracovala s rychlostí 2,94 Mb/s (autoři Bob Metcalfe a David Boggs z firmy Xerox), později byla ve spolupráci firem DEC, Intel a Xerox

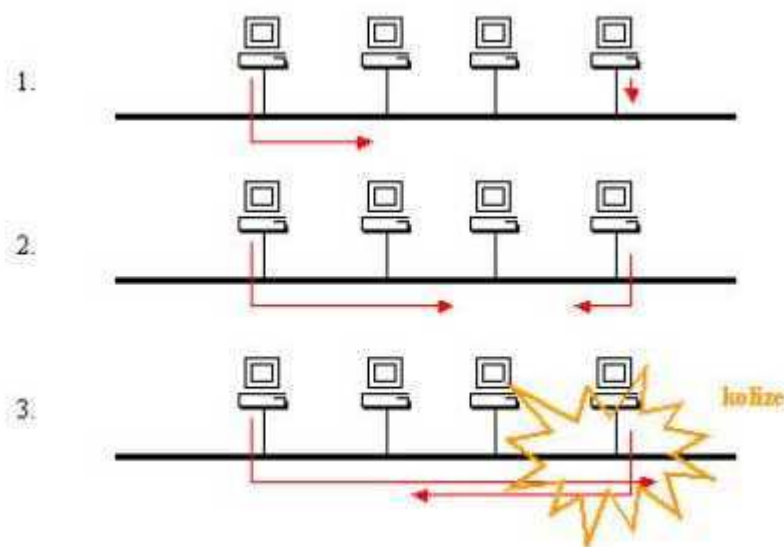
¹⁷ KLAŠKA, Luboš. Ethernet po 30 letech (1) - trocha historie nikoho nezabije. Svetsiti [online]. 2003, [cit. 2011-04-26]. Dostupný z WWW: <<http://www.svetsiti.cz/print.asp?rubrika=Technologie&clanekID=247>>.

zrychlena na 10 Mb/s (DIX Ethernet, 1980).

Ethernet je založen na velice jednoduchém principu přístupu k médiu, nazývaném CSMA/CD. Přístup k médiu je způsob regulace a řízení přístupu jednotlivých komunikačních uzlů ke společně sdílenému přenosovému médiu.

CSMA (Carrier Sense Multiple Access)¹⁸ - *stanice připravená vysílat data si "poslechne" zda přenosové médium (kabel) nepoužívá jiná stanice. V případě, že ano, stanice zkouší přístup později až do té doby dokud není médium volné. V okamžiku kdy se médium uvolní začne stanice vysílat svá data.*

CD (Collision Detection) - *stanice během vysílání sleduje zda je na médiu signál odpovídající vysílaným úrovním (tedy aby se např. v okamžiku kdy vysílá signál 0 nevyskytl signál 1). Příklad kdy dojde k interakci signálů více stanic se nazývá kolize. V případě detekce kolize stanice generuje signál JAM a obě (všechny) stanice které v daném okamžiku vysílaly generují náhodnou hodnotu času po níž se pokusí vysílání zopakovat.*



Obr. 2.10 Princip CD (Collision Detection)¹⁹

fáze 1 - stanice vlevo si poslechla na drátu zda někdo vysílá, zjistila, že ne a začala sama posílat data; v okamžiku kdy ještě signál nedorazil ke stanici vpravo si tato stanice ověřila stav média, zjistila, že je možnost zahájit vysílání

fáze 2 – obě stanice posílají data

fáze 3 – stanice vpravo zjistila kolizi a generuje signál JAM, všechny vysílající stanice

¹⁸ KLAŠKA, Luboš. Ethernet po 30 letech (1) - trocha historie nikoho nezabije. Svetsiti [online]. 2003, [cit. 2011-04-26]. Dostupný z WWW: <<http://www.svetsiti.cz/print.asp?rubrika=Technologie&clanekID=247>>.

¹⁹ KLAŠKA, Luboš. Ethernet po 30 letech (1) - trocha historie nikoho nezabije. Svetsiti [online]. 2003, [cit. 2011-04-26]. Dostupný z WWW: <<http://www.svetsiti.cz/print.asp?rubrika=Technologie&clanekID=247>>.

zastavují vysílání a generují náhodné číslo

Uvedený popis není zdaleka vyčerpávající. Podrobnější informace je možné najít třeba v člancích, ze kterých jsem převzal obrázky pro toto krátké seznámení s RS-232. Další informace jsou také v následujících kapitolách, které jsou věnovány návrhu koncentrátoru.

3 Výběr vhodných komponent

Tato kapitola je zaměřena na výběr vhodných komponent. V její první části jsou podrobně rozebrány možnosti návrhu, v další pak jednotlivé komponenty a pomocné obvody.

Vestavěný systém (zabudovaný systém, embedded systém) je jednoúčelový systém, ve kterém je řídicí počítač zcela zabudován do zařízení, které ovládá. Na rozdíl od univerzálních počítačů, jako jsou běžné kancelářské nebo domácí osobní počítače, zabudované počítače jsou většinou jednoúčelové, určené pro předem definované činnosti. Vzhledem k tomu, že systém je určen pro konkrétní účel, mohou tvůrci systému při návrhu optimalizovat pro konkrétní aplikaci a tak snížit cenu výrobku. Vestavěné systémy jsou často vyráběny sériově ve velkém množství, takže úspora bývá znásobena velkým počtem vyrobených kusů.

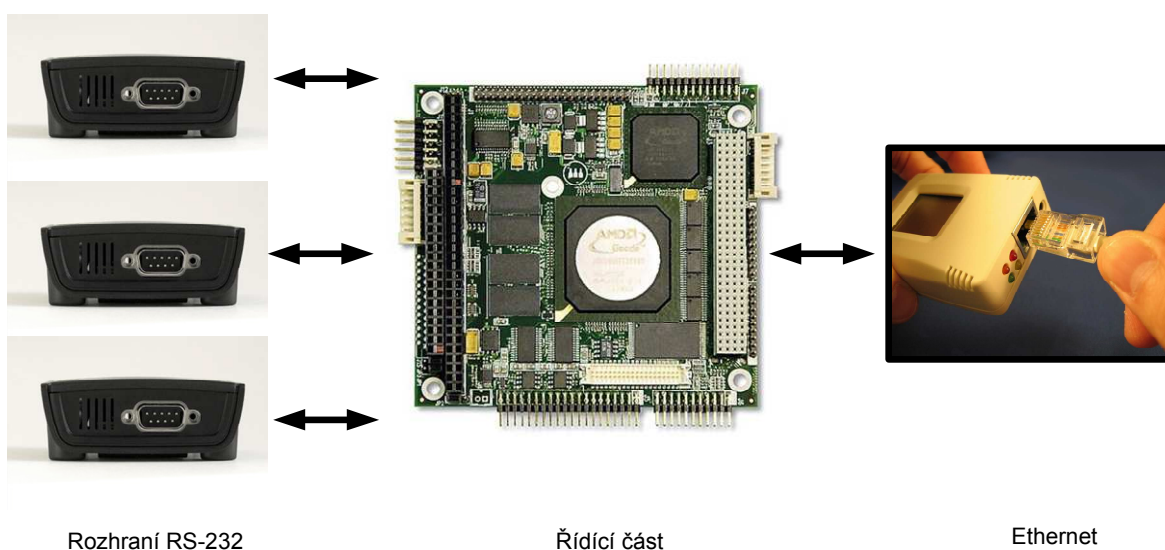
Počítače do dlaně (PDA, MDA) a inteligentní mobilní telefony jsou také často označovány jako vestavěná zařízení vzhledem i přes to, že z hlediska software jsou rozšiřitelné a všeobecně použitelné podobně jako osobní počítače. S rozvojem těchto zařízení se stírá rozdíl mezi vestavěnými zařízeními a osobními počítači.

3.1 Specifikace systému

Obrázek 3.1 ukazuje základní součásti koncentrátoru. Koncentrátor obsahuje řídicí část, jejíž řídicí software se stará nejen o převod dat, ale také o nastavení parametrů přenosů apod. Jedná se v podstatě o základní specifikaci požadavků na zařízení.

Při specifikaci požadavků na zařízení se zaměříme na to, abychom dokázali odpovědět na následující 3 otázky:

- Co musí systém dělat?
- Jak vypadá reálné okolí systému (jaké budu vstupy a výstupy)?
- Jaká bude interakce s uživatelem (jak bude vypadat uživatelské rozhraní)?



Obr 3.1 Základní schema systému

Odpovědi na tyto otázky nám vytvoří základ specifikace. K podrobné specifikaci samozřejmě tyto 3 otázky nestačí a musíme se ptát dál:

- Jaké normy a standardy musí produkt splňovat?
- Jaká má být spolehlivost a životnost systému?
- Jaká má být rychlost systému?
- Jakými rozhraními má systém disponovat?
- Jaké má být rozhraní člověk - stroj?
- Jak bude zařízení napájeno a jakou bude mít spotřebu?
- Jaké budou možnosti systému?
- Jak budou ošetřeny chyby?
- Jaká bude mít systém omezení?
- Jaká bude kapacita systému (kolik vstupních požadavků naráz má být systém schopen zpracovat)?
- Jaké mají být rozměry a hmotnost zařízení?

V následující části se postupně pokusíme na jednotlivé otázky odpovědět:

Co musí systém dělat?

Systém je v podstatě převodníkem mezi rozhraním Ethernet (telnet) a RS-232. Co přijme z jednoho rozhraní, to odešle na druhé. RS-232 portů bude větší počet (minimálně 4). Zařízení by mělo být modulární.

Jak vypadá reálné okolí systému (jaké budu vstupy a výstupy)?

Zařízení bude umístěno v rozvaděči nebo racku a bude mít zajištěno napájení 230V 50 Hz. Vstupem a výstupem bude jedno rozhraní Ethernet a několik rozhraní RS-232.

Jaká bude interakce s uživatelem (jak bude vypadat uživatelské rozhraní)?

Systém bude vybaven několika indikačními led diodami (minimálně na konektoru RJ-45). Uživatelské rozhraní bude mít formu webové stránky s možností nastavení základních parametrů.

Základní specifikaci tady máme, teď se pokusíme systém specifikovat podrobněji:

Jaké normy a standardy musí produkt splňovat?

Komunikace a komunikační rozhraní musí být v souladu s příslušnými normami.

Jaká má být spolehlivost a životnost systému?

Zařízení bude v nepřetržitém provozu a bude na něj poskytována v souladu s předpisy platnými v Evropské unii záruka 24 měsíců. Životnost (často označovaná zkratkou MTBF) by tedy měla být minimálně 20 000 hodin.

Jaká má být rychlost systému?

Systém musí být schopen komunikovat požadovanou rychlostí přes rozhraní RS-232.

Jakými rozhraními má systém disponovat?

System musí disponovat jedním rozhraním Ethernet a minimálně čtyřmi rozhraními RS-232. System by měl být modulární a měl by umožňovat rozšíření.

Jaké má být rozhraní člověk - stroj?

Kontrolní LED diody komunikace Ethernet.

Jak bude zařízení napájeno a jakou bude mít spotřebu?

K napájení bude sloužit běžně dostupný síťový adaptér 12V (obrázek 3.2).



Obr. 3.2 Adaptér síťový 12V/300mA nestabilizovaný, 2,1 mm

Jaké budou možnosti systému?

System bude umožňovat základní nastavení parametrů a převádět informace mezi rozhraními.

Jak budou ošetřeny chyby?

Reset zařízení.

Jaká bude mít systém omezení?

Žádná.

Jaká bude kapacita systému (kolik vstupních požadavků naráz má být systém schopen zpracovat)?

System by měl být schopen vyřizovat požadavky na všech rozhraních RS-232. Nejedná se o kritický parametr.

Jaké mají být rozměry a hmotnost zařízení?

Nejedná se o kritické parametry. Ideálně Rack 19'' U1.

3.2 Výběr vhodné platformy

Tato část je věnována výběru vhodné platformy. Intel definuje platformu jako integrovanou sadu komponent, která umožňuje zamýšlené způsoby použití, rozšiřuje stávající trhy, vytváří nové příležitosti a přináší koncovým uživatelům větší užitek než seskupení jednotlivých komponent.²⁰

Intel dále uvádí, že platforma neznamena pouze procesor a příslušný software – zahrnuje hardware, software, služby a další (viz níže) a je rovněž propojena do okolního digitálního prostředí. Systém platformy je klíčový předpoklad vzniku nové generace výpočetních systémů – přizpůsobených jednotlivci a využívajících všudypřítomné inteligentní elektronické prostředí. Platformy uživatelům zajišťují vyšší užitnou hodnotu. Platforma Intel přináší vhodnou kombinaci všech potřebných, hladce spolupracujících komponent a zajišťuje koncovým uživatelům širší možnosti.

Platforma je jako dům – nejde jen o zdi, dráty a trubky, ale o celkově promyšlenou strukturu, která je z něčeho postavena, natřena a vybavena nábytkem. V aktuální situaci bylo potřeba pojetí platformy rozšířit z jednoduchého skládání hardwarových a softwarových komponent i na služby, technologie a další prvky.²¹

Podle Intelu do platformy patří tyto základní součásti²²:

- Hardware, jako jsou procesory, čipové sady, komunikační rozhraní, paměti, desky a systémy.
- Software, jako je operační systém (OS), aplikace, firmware a kompilátory.
- Technologie, jako je například Hyper-Threading (HT), Intel® Virtualization, Intel® I/O Acceleration (Intel® I/OAT) či Intel® Active Management (Intel® AMT).
- Standardy a iniciativy, jako je Wi-Fi, WiMAX, certifikační programy, atd.
- Služby, jako je distribuce digitálních médií, komunikační služby a služby správy systémů.

Kromě toho k platformám ještě patří externí prvky, které přispívají ke vzniku ucelených systémů – například standardy, vývojářské nástroje, marketingové iniciativy a infrastruktura. Aby byla platforma skutečně přínosná, musí všechny tyto prvky naprosto bezproblémově spolupracovat a zajišťovat koncovým uživatelům nové, praktické a ucelené možnosti.

Na začátku návrhu je vhodné si určit, které funkce budou realizované v hardware a které v software. Platí, že čím složitější systém je, tím složitější je rozhodování. Náš systém je poměrně jednoduchý. Trochu jej komplikuje webová konfigurace. Obvykle platí, že funkce realizované softwarově mají vyšší náklady na vývoj. V následujících kapitolách si ale ukážeme, že tomu tak nemusí být vždy.

²⁰ INTEL [online]. Intel, prezentace společnosti, 2011 [cit. 2011-04-12]. Dostupné na: <<http://www.intel.com/technology/product/index.htm>>.

²¹ INTEL [online]. Intel, prezentace společnosti, 2011 [cit. 2011-04-12]. Dostupné na: <<http://www.intel.com/technology/product/index.htm>>.

²² INTEL [online]. Intel, prezentace společnosti, 2011 [cit. 2011-04-12]. Dostupné na: <<http://www.intel.com/technology/product/index.htm>>.

Před několika lety bylo rozhodování jednoduché. Počet různých mikrokontrolérů a procesorů, které byly k dispozici, byl dost omezený. Bylo to dáno hlavně nabídkou ve specializovaných obchodech.

Dnes je vše jinak. Specializované internetové obchody mají ve své nabídce tisíce druhů podobných komponent (třeba Digikey nabízí více než 16000 různých položek pod klíčovým slovem "mikrokontrolér"). O to složitější je dnes vybrat ty správné komponenty pro náš projekt. Které komponenty jsou ty správné?

Je to opravdu těžké. Většinou jsou potřebné při výběru komponent také vlastní zkušenosti, případně vlastnictví vývojových nástrojů. Možných řešení je mnoho, lze je ale rozdělit na dvě základní skupiny:

- Zařízení s operačním systémem
- Zařízení bez operačního systému

Zařízení s operačním systémem (dále jen OS) jsou sice náročnější na hardwarové prostředky (mimo obslužné aplikace, musí být k dispozici prostředky i pro běh OS). Asi nejrychlejší je vývoj při použití již hotových komponent:

3.2.1 Embedded PC

Jedná se v podstatě o průmyslovou obdobu klasického kancelářského osobního počítače. Vestavěné PC se obvykle vestavuje do různých strojů a zařízení a zastává funkci řídicího systému. S velkým rozmachem bezdrátových sítí se začaly tyto méně výkonné desky vestavěných počítačů osazovat bezdrátovými síťovými kartami a začaly se používat jako routery.

Jednou z takových desek je i Alix1c (obrázek 3.3). Její parametry jsou v tabulce 3.1. Deska je osazená x86 kompatibilním procesorem AMD Geode LX. Rodina procesorů AMD Geode LX je určena pro vestavěné systémy. Pro kancelářské a multimediální aplikace nemá dostatečný výkon. AMD Geode LX 800@1.8W má maximální výkon 3.6W (TDP) pracuje na 500MHz.

Deska Alix1c je poměrně bohatě vybavena různými rozhraními. Obsahuje dvě rozhraní RS-232, Ethernet, PCI, USB a může být osazena konektorem I2C. To vše umožňuje velkou rozšiřitelnost. Vytvoření ovládací aplikace je v tomto případě velmi jednoduché. Stačí na paměťovou kartu nainstalovat třeba operační systém Linux. Ten obsahuje vše potřebné.

Další výhodou je možnost využití této varianty zároveň i jinak než jen jako koncentrátor portů RS-232 (WiFi router, firewall,...).

Deska obsahuje pouze dva porty RS-232. Vzhledem k poměrně velkému množství různých rozhraní by neměl být problém ji rozšířit. Na trhu je mnoho různých rozšiřujících karet. Příkladem může být karta SD-PCI-4S se 4 sériovými porty, která je na obrázku 3.4 nebo karta SY-PCI8871-PR8 je na obrázku 3.5 a má 8 sériových portů.

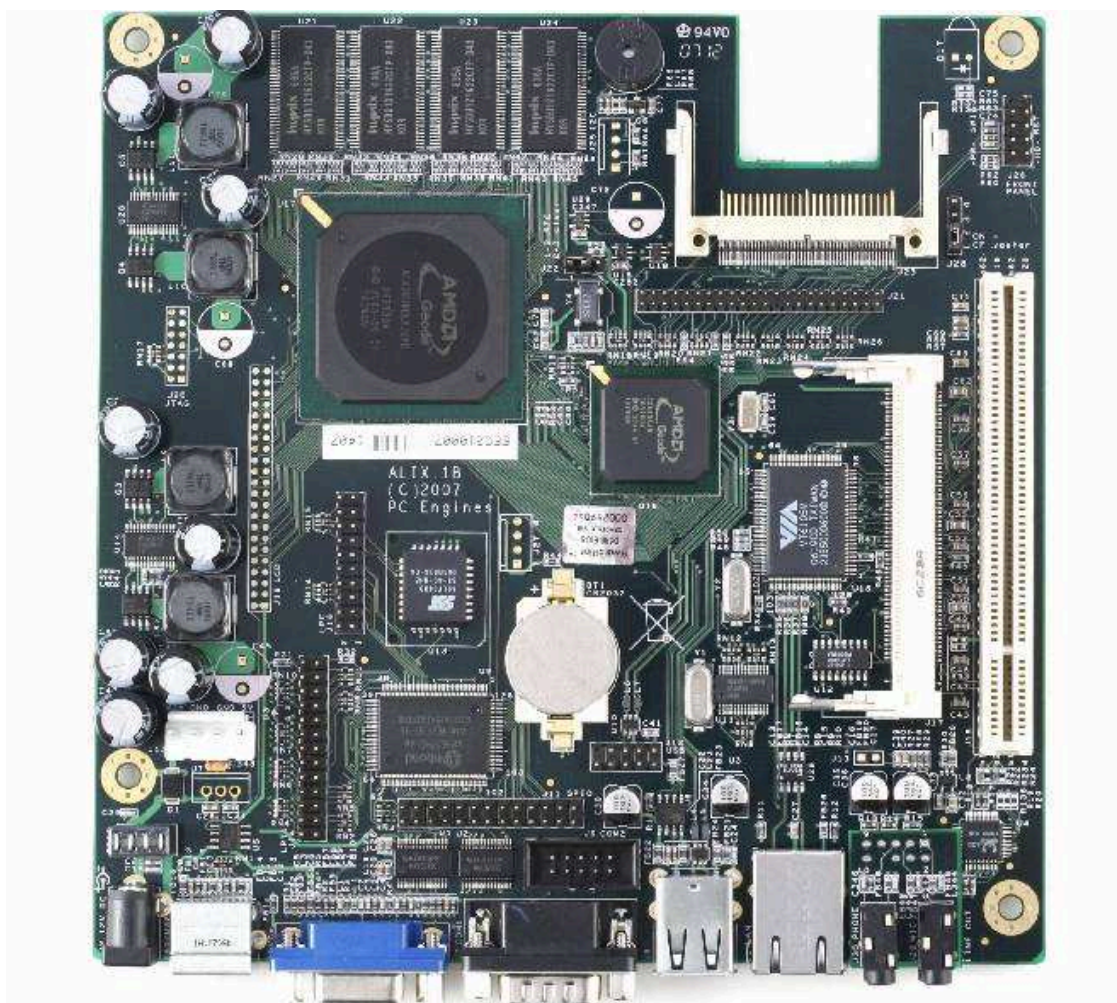
Desek, jako je Alix1c je samozřejmě na trhu mnoho (jen desek Alix existuje asi deset druhů). Operační systém nemusí běžet jen na deskách osazených procesory x86 mohou být založené také na architekturách PowerPC, ARM atd.

3.2.1 Mikrokontroléry

Další možností je využití mikrokontrolérů, tedy součástek s větším stupněm integrace, než klasické procesory. V jednom pouzdře mikrokontroléru je obvykle vše potřebné a na rozdíl od

klasických procesorů je potřeba pro jeho běh jen minimum pomocných součástek. V současné době trh nabízí opravdu nepřehledné množství různých mikrokontrolérů s různými rozhraními. Některé jsou určeny pro konkrétní aplikace, jiné jsou univerzální. Dnes jsou na trhu 4 – 64 bitové mikrokontroléry. Na trhu jsou běžně dostupné 8 bitové, 16 bitové a 32 bitové mikrokontroléry několika výrobců.

Následující část je věnována porovnání nejběžnějších mikrokontrolérů na našem trhu. Hlavním kritériem výběru je podpora alespoň 4 UART a Ethernetu (může být použit externí obvod).



Obr. 3.3 Deska Alix1c²³

²³ PC Engines: Alix1d. PC Motory GmbH [online]. Zurich. [cit. 2011-04-07]. Dostupné z: <<http://pcengines.ch/about.htm>>.

alix1c	System board
Status	active
Part numbers	alix1d = LX800 CPU, 256 MB SDRAM
Spec	CPU: 433 or 500 MHz AMD Geode LX DRAM: 128 or 256 MB SDRAM on board Storage: CompactFlash socket, 44 pin IDE Power: 12V DC, DC-DC converter on board. No bulky ATX PSU needed. Expansion: miniPCI + 3.3V PCI + LPC + optional I2C Connectivity: 1 Ethernet channel (Via VT6105M 10/100) I/O: 2 COM, 4 USB, 1 LPT, audio, VGA Board size: 6.7 x 6.7" (miniITX), low profile. Firmware: Award BIOS
Documentation	ALIX manual
Enclosure	box1c enclosure alixbrk bracket + standard miniITX enclosure Deciso desktop + rackmount i4wifi desktop Meconet rackmount Varia desktop enclosure Yawarra enclosures (with optional support for PCI card)
BIOS update	beta fix VGA DDC issue (boot hang) 8/27/08 restored power button support 6/16/08 added 48 bit HDD support 9/14/07 updated PXE boot module 8/21/07 added boot menu (press Escape) 7/21/07 fixed cold start issues You will need a CF card that boots FreeDOS, see instructions for easier installation.
Drivers	Linux, *BSD: should be included in recent distributions. Windows XP audio / video / crypto drivers Windows XP Via VT6105M network driver
ALIX.1D changes	Minor change to flash circuit to support Winbond flash. Otherwise identical.
Manufacturer	PC Engines

Tab. 3.1 Parametry desky Alix1c²⁴



Obr. 3.4 Rozšiřující PCI karta SD-PCI-4S

²⁴ PC Engines: Alix1d. PC Motory GmbH [online]. Zurich. [cit. 2011-04-07]. Dostupné z: <<http://pcengines.ch/about.htm>>.



Obr. 3.4 Rozšiřující PCI karta SY-PCI8871-PR8

3.2.1.1 Atmel AT32UC3Axxxx

Mezi nejznámější patří mikrořadiče od firmy Atmel. Atmel má ve své nabídce mikrokontroléry tří architektur AVR (8 bitová) a AVR32 (32 bitová) a ARM (32 bitová). Mezi nabízenými mikrokontroléry AVR32 je i 7 mikrokontrolérů s podporou Ethernetu.

Atmel AT32UC3Axxx je 32 bitový mikrokontrolér architektury AVR32. Vybrané

- AVR 32 UC RISC 32bitové jádro s 3stupňovou pipeline, vč. instrukční sady DSP512 KB, 256 KB, 128 KB Flash, která umožňuje až 100 000 přesání
- 64 KB SRAM (512KB and 256KB Flash), 32 KB SRAM (128KB Flash)
- Rozhraní Ethernet MAC 10/100 Mb/s
- Rozhraní USB 2.0
- 4 Univerzální Synchronní / Asynchronní rozhraní (USART)
- 100 nebo 144 pinů
- 2 Master/Slave Serial Peripheral Interfaces (SPI)
- Programování pomocí JTAG
- Rozsah napájecích napětí: 3V až 3.6V
- Až 66 MHz
- optimalizace kódu, až o 20% menší kód než je Thumb®
- Velmi rychlá odezva na zdroje přerušení

- MPU (Memory Protection Unit)
- **Cena AT32UC3A0256 u GM Electronic, spol. s r.o. je 600 Kč.**

3.2.1.2 Atmel AT91SAM7xxxx

Je rodina mikrokontrolérů založená na jádře ARM. Toto jádro bylo vyvinuto firmou ARM Limited (Advancet RISC Machines), která poskytuje licenci na výrobu mnoha dalším výrobcům. Základní parametry této rodiny mikrokontrolérů jsou zde:

- ARM920T 32bitové jádro
- Maximální taktovací frekvence 180 Mhz
- Optimalizace kódu Thumb®, umožňuje až o 40% menší kód
- Rychlá odezva přerušení
- Rozsah napájecích napětí: 3V až 3.6V (jádro 1.65V až 1.95V)
- 16-512kB paměti Flash a 4-64kB paměti RAM
- Integrovaný Flash kontrolér s detekcí poruchových stavů (MC)
- JTAG
- Multimedia Card Interface (MCI)
- Rozhraní Ethernet MAC 10/100 Mb/s
- Rozhraní USB 2.0 Full Speed (12 Mbits per second) Host Double Port
- Rozhraní USB 2.0 Full Speed (12 Mbits per second) Device Port
- 4 Univerzální Synchronní / Asynchronní rozhraní (USART)
- **Cena u TME je u AT91SAM7XC256 asi 384 Kč.**

Atmel pro svoje produkty poskytuje podporu nejen formou rozsáhlé dokumentace, ale na jeho webu je možné získat zdarma mnoho jednoduchých i složitějších zdrojových kódů, ale i návody jak zprovoznit či programovat mikrokontroléry. Na webu jsou i kompilátory z jazyka C a další vývojové prostředky.

3.2.1.3 NXP Semiconductors PXAHx0KFBE

NXP Semiconductors, dříve Philips dodává na trh velké množství především výkonnějších mikrokontrolérů.

- 16 bitové jádro 80C51
- Podpora externí paměti až do 6 MB
- De-multiplexer adresové/datové sběrnice
- Dynamická sběrnice
- Dynamické časování sběrnice
- 32 Programovatelných vstupů/výstupů
- 4 UART do rychlosti 230.4 kb/s
- 9 DMA kanálů
- 100 pinů
- **Nepodařilo se najít dodavatele**

3.2.1.4 NXP Semiconductors LPC236xxx

Řada mikrořadičů LPC236xxx od firmy NXP Semiconductors a je založena na 16bitovém/32bitovém jádře ARM7TDMI-S s real-time emulací. Paměťové rozhraní s velikostí 128bitů a rychlá architektura umožňuje provádět 32-bitové instrukce s maximálním hodinovým taktem. Stejně jako jiné mikrokontroléry s jádrem ARM7TDMI, má i tento mikrořadič možnost redukovat kód pomocí zkrácené 16 bitové instrukce řady Thumb®.

- Vysoce výkonné 32 bitové RISC jádro
- 16bit/32bitové jádro ARM7TDMI-S s 3stupňovou pipeline
- Maximální taktovací frekvence 72MHz
- Thumb® optimalizace kódu, až o 30% menší kód
- Rychlá odezva přerušení
- Rozsah napájecího napětí: 3V až 3.6V
- 128-512kB paměti Flash a 8-32kB paměti RAM
- nízkoodběrový integrovaný RC oscilátor 4 MHz
- JTAG
- SSP serial interfaces,I2S
- Secure Digital/MultiMediaCard (SD/MMC) nebo card port, vhodný pro přenos z paměti na paměť
- všeobecný hardwarový DMA řadič
- 3 I2C
- 4 USART
- Integrovaný infračervený přijímač a vysílač
- Master/Slave Serial Peripheral Interface (SPI)
- Hardwarový obvod reálného času (RTC)
- 3kanálový PWM
- 2kanálový řadič CAN
- 4 časovače/ čítače
- **Cena u TME je asi 320 Kč**

3.2.1.5 NXP Semiconductors LPC175xxx

Řada mikrořadičů LPC175xxx od společnosti NXP Semiconductors a je založena na 32bitovém jádře Cortex-3M od firmy ARM. Toto jádro vychází z předchozího jádra ARM7 a nabízí vyšší výpočetní výkon při stejné frekvenci, rychlejší odezvu na přerušení apod. Jádro Cortex-3M má oproti jeho předchůdci i nižší spotřebu energie díky regulaci spotřeby.

- Vysoce výkonné 32 bitové RISC jádro:
- 32bitové jádro Cortex-3M s 3stupňovou pipeline
- Maximální taktovací frekvence 100MHz
- Thumb-2® optimalizace kódu, až o 10% menší kód než u Thumb
- Rychlá odezva na přerušení
- Nízká spotřeba proudu
- integrováno MPU

- Rozsah napájecích napětí: 2.4V až 3.6V
- 32-512kB paměti Flash a 8-64kB paměti RAM
- řadič CAN sběrnice
- JTAG
- 3 I2C
- 4 USART s podporou RS-485
- Integrovaný infračervený přijímač a vysílač
- Master/Slave Serial Peripheral Interface (SPI)
- Hardwarový obvod reálného času (RTC)
- **Cena u TME za LPC1764FBD100 je asi 260 Kč**

3.2.1.6 Microchip PIC24FJxxxGxxxx

Je to už 20 let, co firma Microchip vstoupila na Český trh se svými (tehdy 8bitovými) mikrokontrolery PIC. Zkratka PIC vznikla z anglických slov Peripheral Interface Controller. Jedná se tedy o mikrokontroléry určené především k realizaci měřících a akčních členů řídicích systémů.

Produkty společnosti Microchip patří společně s produkty Atmel na českém trhu k nejrozšířenějším. Microchip v současné době nabízí ucelenou řadu produktů, které mimo pamětí a dalších integrovaných obvodů, obsahuje i 8 bitové, 16 bitové a 32 bitové mikrokontroléry a signálové procesory. 16 bitová řada Microchip je označována jako PIC 24. Microchip ji vyrábí v několika provedeních, které se liší zejména velikostí pamětí Flash, SRAM a přítomností různých periférií.

- Výkonné 16bitové jádro
- Podpora reálného času a kalendáře
- USB 2.0
- 10 & 10/12-bit A/D a D/A převodníky
- 4 porty UART
- 3 SPI
- 16 KB RAM a 192 až 256 KB flash
- 16 MIPS
- **Cena u TME za 24FJ256GA106 je asi 185 Kč**

3.2.1.7 Microchip PIC32MXxxxFxxxH/L

Microchip postupně na trh uvádí také svoji řadu 32 bitových mikrokontrolérů.

- MIPS32® M4K 32bitové jádro s 5stupňovou pipeline
- Taktovací frekvence maximálně 80MHz
- Jedno-periodová násobička a výkonná dělicí jednotka
- MIPS16e™ optimalizace kódu, až o 40% menší kód
- Velmi rychlá odezva na zdroje přerušení
- Rozsah napájecího napětí: 2.5V až 3.6V

- 32-512kB paměti Flash a 8-32kB paměti RAM
- Dodatečných 12 KB paměti Boot Flash (určena pro Bootloadery)
- Pinově kompatibilní s většinou PIC24/dsPIC®
- Konfigurovatelný Watchdog Timer s vlastním nízkopříkonovým RC
- krystal na čipu
- 6 UART
- Některé modely mají podporu Ethernetu (pozn. autora: Dostupnost na trhu je u těchto modelů v době psaní této práce problematická, jedná se o poměrně nové modely)
- **Cena u TME je za PIC32MX575F256H je asi 240 Kč**

Device	Pins	Program Memory (Bytes)	SRAM (Bytes)	Remappable Peripherals						I ² C™	10-Bit A/D (ch)	Comparators	PMP/PSP	JTAG	CTMU	USBOTG
				Remappable Pins	Timers 16-Bit	Capture Input	Compare/PWM Output	UART w/IrDA®	SPI							
PIC24FJ64GB106	64	64K	16K	29	5	9	9	4	3	3	16	3	Y	Y	Y	Y
PIC24FJ128GB106	64	128K	16K	29	5	9	9	4	3	3	16	3	Y	Y	Y	Y
PIC24FJ192GB106	64	192K	16K	29	5	9	9	4	3	3	16	3	Y	Y	Y	Y
PIC24FJ256GB106	64	256K	16K	29	5	9	9	4	3	3	16	3	Y	Y	Y	Y
PIC24FJ64GB108	80	64K	16K	40	5	9	9	4	3	3	16	3	Y	Y	Y	Y
PIC24FJ128GB108	80	128K	16K	40	5	9	9	4	3	3	16	3	Y	Y	Y	Y
PIC24FJ192GB108	80	192K	16K	40	5	9	9	4	3	3	16	3	Y	Y	Y	Y
PIC24FJ256GB108	80	256K	16K	40	5	9	9	4	3	3	16	3	Y	Y	Y	Y
PIC24FJ64GB110	100	64K	16K	44	5	9	9	4	3	3	16	3	Y	Y	Y	Y
PIC24FJ128GB110	100	128K	16K	44	5	9	9	4	3	3	16	3	Y	Y	Y	Y
PIC24FJ192GB110	100	192K	16K	44	5	9	9	4	3	3	16	3	Y	Y	Y	Y
PIC24FJ256GB110	100	256K	16K	44	5	9	9	4	3	3	16	3	Y	Y	Y	Y

Tab 3.2 Vyráběné mikrokontroléry PIC24FJxxxGBxxx²⁵

3.3 Výběr mikrokontroléru

V předchozí podkapitole jsme shrnuli možnosti výběru. Protože navrhované zařízení má přesně definovanou a poměrně jednoduchou funkci, a výrobci mikrokontrolérů nabízejí výbornou podporu pro tvorbu podobných zařízení, je velmi vhodné zvolit jako řídicí prvek mikrokontrolér.

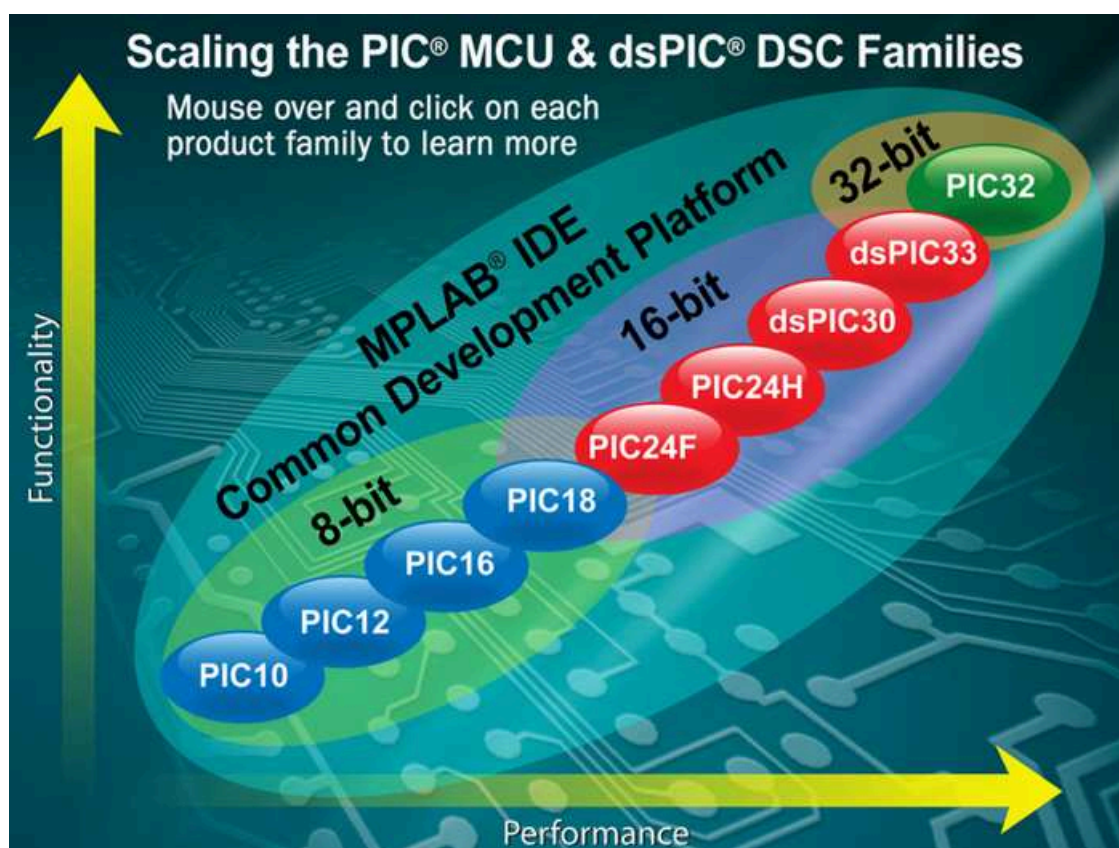
Všechny výše uvedené mikrokontroléry jsou pro konstrukci vhodné. Všechny shodně obsahují podporu 4 hardwarových rozhraní UART, jen jeden ze zmíněných jich má 6. Přes veškerou snahu se mi nepodařilo najít žádný běžně dostupný mikrokontrolér, který by měl víc než 6 rozhraní UART.

Zařízení má mít dle zadání minimálně 4 rozhraní UART (porty RS-232) a má být modulární a tím dále rozšiřitelné. Z toho vychází i můj návrh zařízení, který není na základě

²⁵ Microchip: 24F family. Microchip [online]. USA. [cit. 2011-04-07]. Dostupné z: < <http://microchip.com/ParamChartSearch/chart.aspx?branchID=8181&mid=14&lang=en&pageId=75>>.

porovnání běžně dostupných mikrokontrolérů založen na hardwarem podporovaných UART (dále jen HW UART) rozhraních pro každý RS-232.

V návrhu je pro všechny porty RS-232 použit jen jeden hardwarový UART a dle potřeby je pomocí tranzistorů přepínán mezi jednotlivými RS-232. To umožňuje na rozdíl od přístupu, kdy má každý RS-232 vlastní HW UART1, vytvořit zařízení prakticky s libovolným počtem RS-232. Podrobněji je řešení problému věnována následující kapitola.



Obr. 3.5 Přehled mikrokontrolérů Microchip²⁶

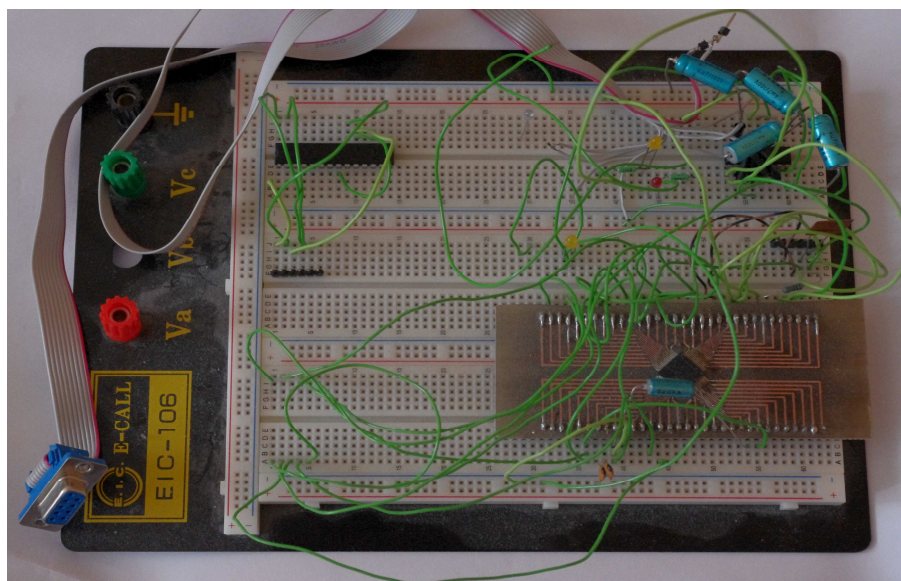
Při výběru mikrokontroléru, který celé zařízení řídí jsem vycházel mimo parametrů také z podpory výrobce a dostupnost na trhu. Zohlednil jsem také dostupnost vývojových nástrojů a prostředků. Jako nejvhodnější se nakonec ukázaly mikrokontroléry Microchip a to především proto, že jsem vlastníkem programátoru Pickit3. Microchip má podporu svých produktů velmi dobře propracovanou a stejně dobře je na tom i s dostupností na našem trhu.

Protože je v předchozím textu uvednu pouze porovnání jednotlivých řad mikrokontrolérů, jsou parametry jednotlivých mikrokontrolérů PIC24FJXXXGBXXX uvedeny v tabulce 3.2.

Pro vlastní konstrukci byl zvolen nejprve mikrokontrolér PIC24FJ256GB106, který je v současné (červenec 2010) době nejlépe vybaveným 16 bitovým mikrokontrolérem Microchip s 64 pinovým pouzdrem. Programová flash paměť 256 KB a 16 KB paměť RAM by měly být

²⁶ Internetová prezentace Microchip. Microchip [online]. [cit. 2011-4-5]. Dostupné z: <http://www.microchip.com>

pro navrhovanou aplikaci dostačující (i s dostatečnou rezervou).



Obr. 3.5 Kontaktní pole použité při vývoji zařízení

Přestože mikrokontrolér není běžně dostupný na našem trhu, nebyl problém jej díky zahraničním eshopům s elektronickými součástkami získat. Jako mnohem problematičtější se ukázala dostupnost vývojových nástrojů. 16 bitové mikrokontroléry se liší od 8 bitových natolik, že vyžadují jiné překladače.



Obr. 3.6 Pouzdra mikrokontrolérů Microchip²⁷

²⁷ Internetová prezentace Microchip. Microchip [online]. [cit. 2011-4-5]. Dostupné z: <http://www.microchip.com>

Zdarma dostupné verze překladačů mají většinou omezení pro délku kódu. To je případ i MikroPascalu. Vzhledem k vysoké ceně překladače jsem byl nakonec nucen změnit rozhodnutí a použít mikrokontrolér nižší 8 bitové řady, pro který jsou překladače mnohem dostupnější (plyne to také z většího rozšíření této řady).

Nakonec jsem zvolil mikrokontrolér v pouzdře SPDIP (obrázek 3.6), to umožní vyhnout se při návrhu zcela SMD prvkům.

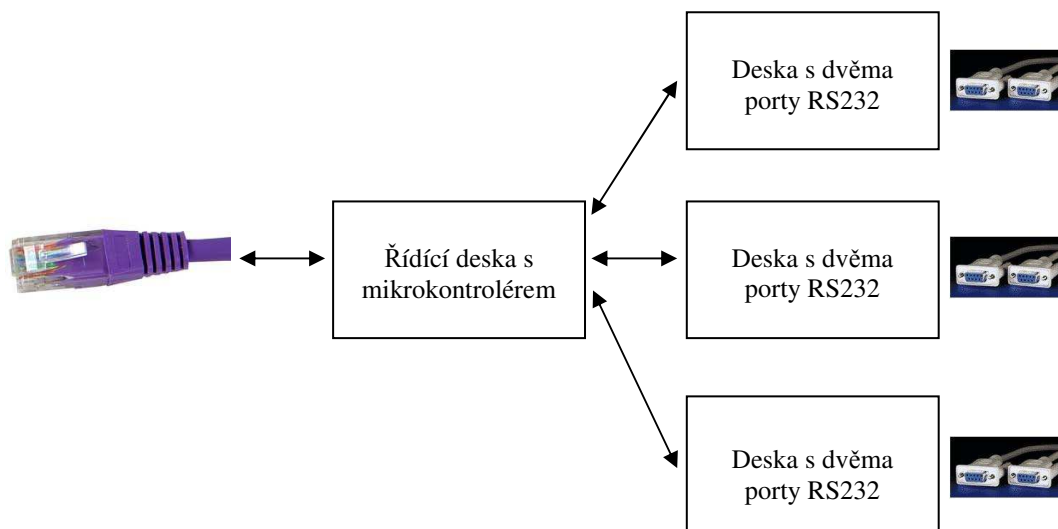
Konkrétně jsem zvolil mikrokontrolér PIC18F2620-I/SP. Podrobnější popis zvoleného mikrokontroléru je v následující kapitole.

4 Návrh obvodového schématu

Následující kapitola je věnována návrhu zapojení a popisu použitých hardwarových komponent. Při návrhu byly zohledňovány především tyto parametry:

- Cena
- Dostupnost použitých komponent
- Jednoduchost a čistota návrhu
- Podpora výrobce
- Dostupnost kvalitní dokumentace a vývojových prostředků (programátory, simulátory, SW knihovny,...)

Ze stanovených kritérií vznikl jednoduchý návrh, který je na obrázku 4.1. Schéma v plné velikosti ve formátu PDF je na přiloženém CD. CD obsahuje také zdrojový soubor pro Eagle.



Obr. 4.1 Schéma zapojení koncentrátoru

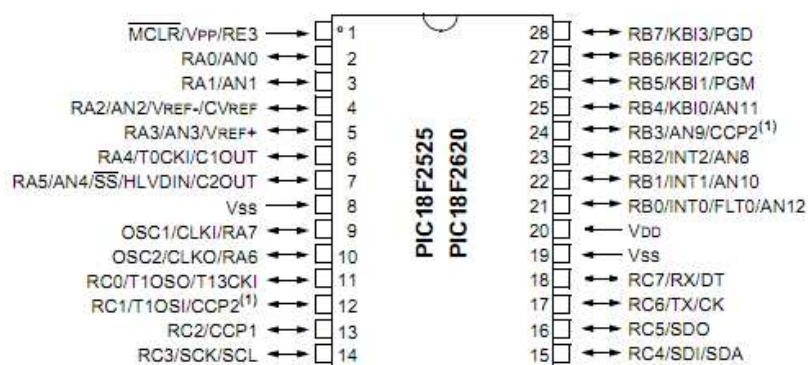
4.1 Volba jednotlivých komponent

Volbu řídícího mikrokontroléru jsem popsal v předchozí kapitole. Zbývá vybrat další potřebné komponenty a navrhnout desku plošného spoje. Přesto se ještě k mikrokontroléru vrátím a podíváme se na něj podrobněji především z pohledu návrhu.

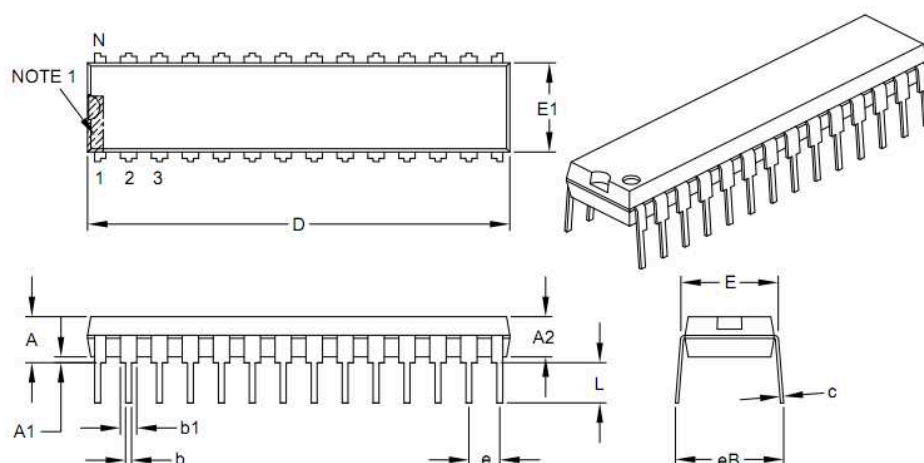
4.1.1 Mikropokontrolér a jeho pouzdro

Jak již bylo uvedeno, zvolený mikrokontrolér má pouzdro s 28 piny. Rozmístění jednotlivých vývodů je na obrázku 4.2. 28 pinové se zvoleno tak, aby počet potřebných vstupů a výstupů umožnil stavbu zařízení s 6 RS-232 porty. Pro tuto konstrukci bylo zvoleno pouzdro SPDIP.

28-Pin SPDIP, SOIC



Obr. 4.2 Schéma 64 pinového pouzdra mikrokontroléru PIC18F2620²⁸



Units		INCHES		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	28		
Pitch	e	.100 BSC		
Top to Seating Plane	A	—	—	.200
Molded Package Thickness	A2	.120	.135	.150
Base to Seating Plane	A1	.015	—	—
Shoulder to Shoulder Width	E	.290	.310	.335
Molded Package Width	E1	.240	.285	.295
Overall Length	D	1.345	1.365	1.400
Tip to Seating Plane	L	.110	.130	.150
Lead Thickness	c	.008	.010	.015
Upper Lead Width	b1	.040	.050	.070
Lower Lead Width	b	.014	.018	.022
Overall Row Spacing	eB	—	—	.430

Obr. 4.3 Schéma 28 pinového pouzdra SPDIP²⁹

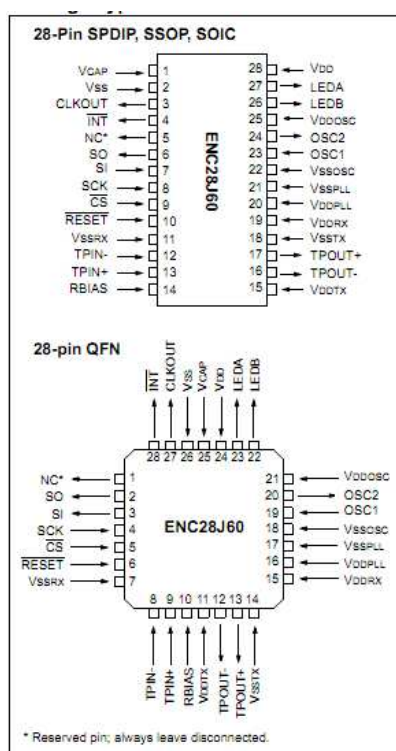
²⁸ Microchip: PIC18F2525/2620/4525/4620 Data Shee. Microchip [online]. USA. [cit. 2011-04-07]. Dostupné z: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39626e.pdf>>

²⁹ Microchip: PIC18F2525/2620/4525/4620 Data Shee. Microchip [online]. USA. [cit. 2011-04-07]. Dostupné z: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39626e.pdf>>

Na rozdíl od původně zamýšleného 16-bitového mikrokontroléru, který umožňoval mapování UART a SPI na téměř libovolné vývody, mají 8-bitové mikrokontroléry firmy Microchip pevně dané, na kterých vývodech se které rozhraní nachází. To je nutné zohlednit při konstrukci zařízení. Při výběru mikrokontroléru byl kladen velký důraz na to, aby bylo možné současně použít jak SPI tak UART.

4.1.2 Ethernet

Koncentrátor má být realizován jako převodník mezi ethernetem a RS-232. Pro realizaci ethernetového rozhraní je možné využít celou řadu obvodů a v minulosti se poměrně často používalo také kompletních ISA síťových karet. Bylo to dáno především nedostupností speciálních komponent pro realizaci vlastních ethernetových obvodů.



Obr. 4.4 Pouzdra obvodu ENC28J60³⁰

Na trhu je v současné době celá řada ethernetových řadičů. Některé mikrokontroléry mají ethernetový řadič integrovaný, pro ty ostatní je k dispozici celá řada pomocných obvodů. Zpravidla se jedná pouze o MAC vrstvu, tedy vrstvu pro řízení přístupu k médiu. Zpravidla se jedná pouze o MAC vrstvu, tedy vrstvu pro řízení přístupu k médiu. Pro komunikaci je potřeba navíc PHY rozhraní. PHY rozhraní v tomto případě tvoří poslední, fyzickou, vrstvu. MAC a PHY spolu komunikují standardizovaným rozhraní MII nebo RMII a nezáleží tedy na typu použitého média (TP/koaxiál/optika).

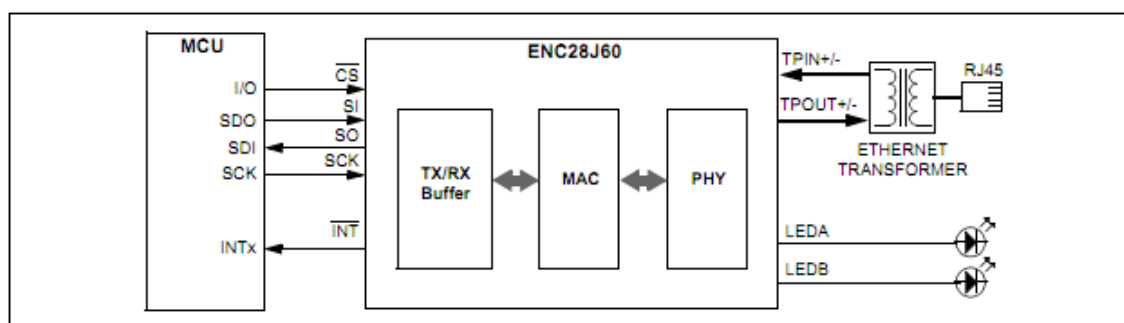
³⁰ Microchip: ENC28J60 Data Sheet. Microchip [online]. USA. [cit. 2011-04-07]. Dostupné z: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39662c.pdf>>

Řadič může být k MCU připojen pomocí rozhraní UART, SPI nebo paralelně. Jak již bylo uvedeno, na trhu lze v současné době nalézt mnoho řadičů. Mezi nejrozšířenější patří:

- Realtek RTL8019 – paralelní, 10Base-T
- Crystal LAN CS8900A – paralelní (ISA), 10Base-T,
- SMCS LAN91C111 – paralelní, 10Base-T/100Base-TX
- Microchip ENC28J60 – SPI, 10Base-T,
- Connect One Nano SocketLAN – UART/SPI/USB, 10Base-T/100Base-TX

Protože je samotný řadič pro realizaci rozhraní nedostatečný, mnoho výrobců nabízí jednoduché kompletní moduly, kde je mimo řadiče osazen i konektor a RJ45 a další potřebné součástky.

Asi nejdostupnějším a nejrozšířenějším obvodem je obvod společnosti Microchip ENC28J60. Obvod obsahuje integrované MAC a 10Base-T PHY rozhraní a podporuje jeden 10Base-T port s automatickou detekcí a korekcí polarity. To je výhodné především při konfiguraci, kdy není potřeba žádný hub či switch.



Obr. 4.5 Schéma funkce ENC28J60³¹

Jak je vidět na obrázku 4.5, ke správné funkci je nutné mezi konektor RJ45 a obvod ENC28J60 vložit speciální transformátor. Ten je poměrně špatně dostupný. Řešením tohoto problému je nákup již zmíněného hotového řešení v podobě modulu. Jedním z takových modulů je třeba modul SPINET od společnosti Asix s.r.o. (obrázek 4.7). Já jsem pro účely této práce zvolil modul čínské výroby (obrázek 4.6).

V případě problémů s dostupností je možné místo čínského modulu koupit již zmíněný modul firmy Asix s názvem SPINET.

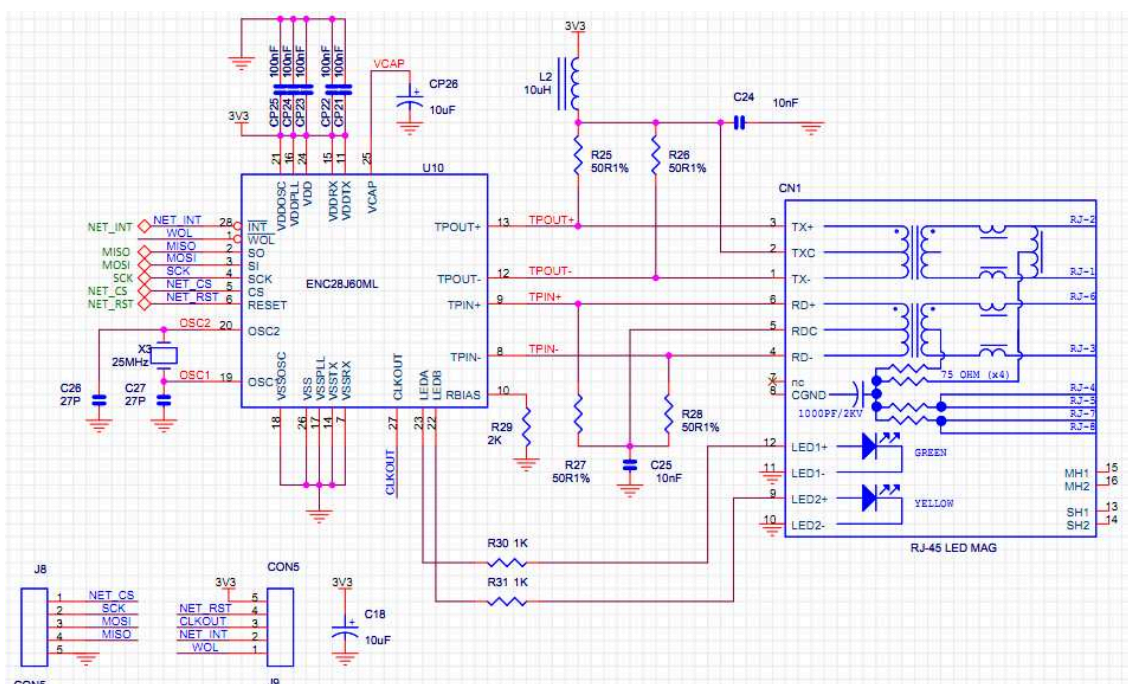
³¹ Microchip: ENC28J60 Data Sheet. Microchip [online]. USA. [cit. 2011-04-07]. Dostupné z: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39662c.pdf>>



Obr. 4.6 Modul s ENC28J60 čínské výroby



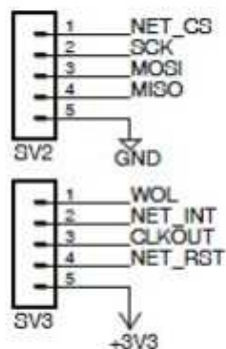
Obr. 4.7 Modul SPINET od firmy ASIX s.r.o.



Obr. 4.8 Schéma zapojení modulu s ENC28J60³²

4.1.3 Modul ENC28J60

K zařízení se modul připojuje pomocí dvou pětipinových konektorů (obrázek 4.9). U koncentrátoru nebudou využívány piny CLKOUT, NET_INT a WOL. CLKOUT nebude ani zapojen.



Obr. 4.9 Konektor pro připojení modulu ENC28J60³³

Samotný modul je velmi jednoduchý a jedná se v podstatě o základní zapojení doporučené výrobcem obvodu ENC28J60 firmou Microchip. Asi největší nevýhodou tohoto

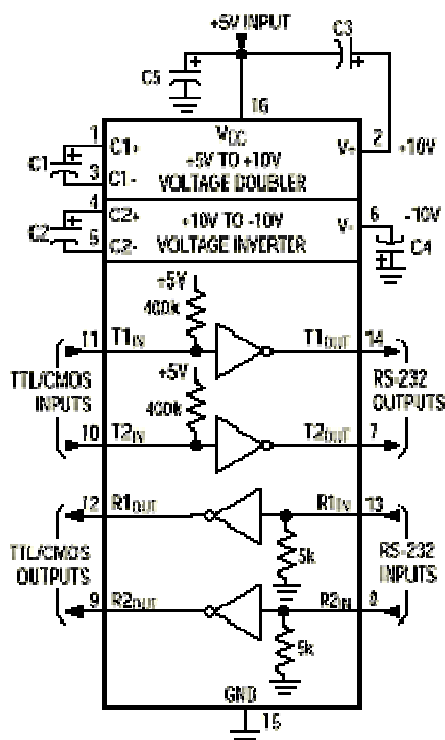
³² Dokumentace dodávaná s modulem, není nijak označená ani pojmenovaná, není uveden ani výrobce.

³³ Dokumentace dodávaná s modulem, není nijak označená ani pojmenovaná, není uveden ani výrobce.

obvodu je nutnost napájet modul maximálně napětím 3.3V. Modul firmy Spinet s.r.o. má tento problém vyřešen převodníkem, který je součástí modulu.

4.1.4 RS-232

Popis komunikačního standartu RS-232 je v kapitole 2.1.1. tato kapitola je věnována pouze konkrétní hardwarové realizaci tohoto rozhraní.



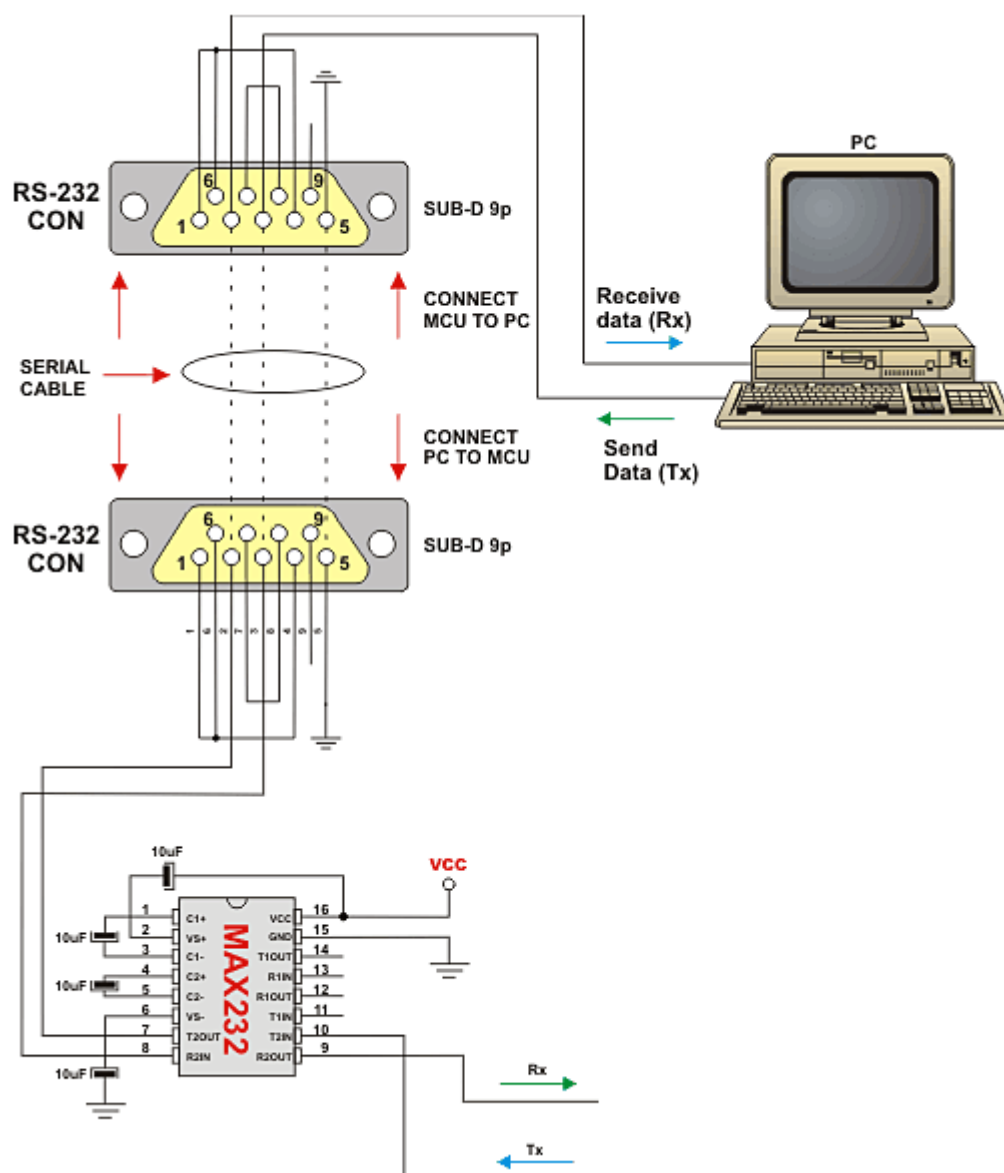
Obr. 4.10 Obvod MAX232³⁴

Klidový stav je u rozhraní RS-232 reprezentován záporným napětím (logická 1). Log. 0 je naproti tomu reprezentována napětím kladným. V případě vysílače může napětí dosahovat min. -15 V a max. +15 V (tabulka 2.5), a není tedy možné připojit sběrnici RS-232 přímo k obvodům pracujícím s TTL úrovněmi. Tak vysoké napětí by tyto obvody spolehlivě zničilo.

Z tohoto důvodu je nutné použít obvod, který nám převede úroveň z RS-232 na úroveň TTL. Jedním z nich je MAX232 (nebo např. ST232 apod.). Tento obvod je napájen 5 V a využívá nábojové pumpy pro tvorbu vyššího výstupního napětí. Pro její správnou funkci je nutné k obvodu připojit kondenzátory specifikované výrobcem konkrétního obvodu (obrázek 4.10).

Konkrétně Integrovaný obvod MAX232 vyráběný například firmou Maxim a Texas Instruments obsahuje dva převodníky z RS-232 na TTL a dva převodníky z TTL na RS-232.

³⁴ Chitil, J. Obvod MAX232. 8bitu.cz [online]. [cit. 2011-04-07]. Dostupné z: <<http://www.8bitu.cz/clanek/obvod-max232/>>.



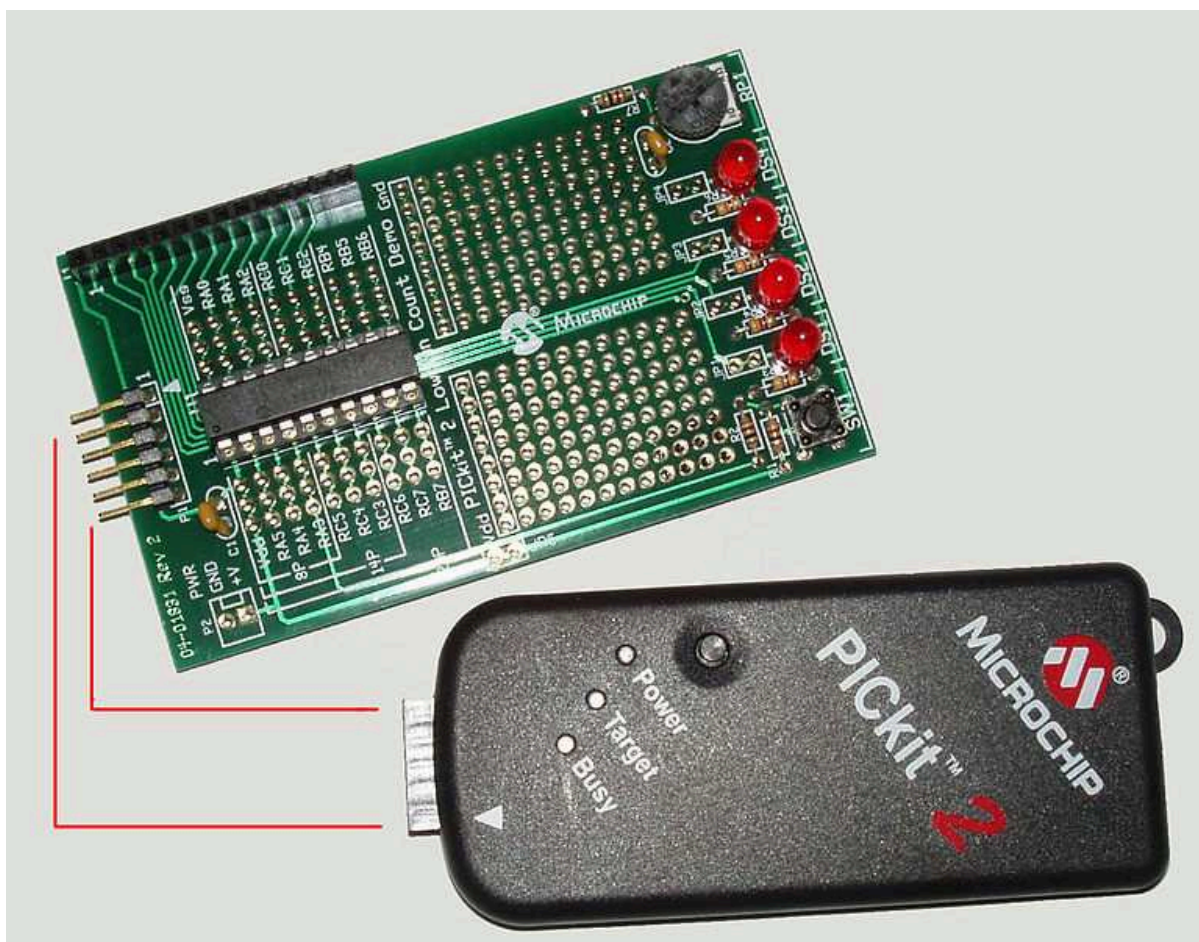
Obr. 4.11 Zapojení převodníku MAX232 pro jeden RS-232

V koncentrátoru je pro každý modul použit 1 obvod. K řídicí desce s MCU je možné připojit 3 moduly. To umožňuje realizovat celkem 6 rozhraní RS-232. Obvod MAX232 stačí jen doplnit kondenzátory (jejich konkrétní hodnotu doporučuje výrobce).

4.2 Programování MCU Microchip

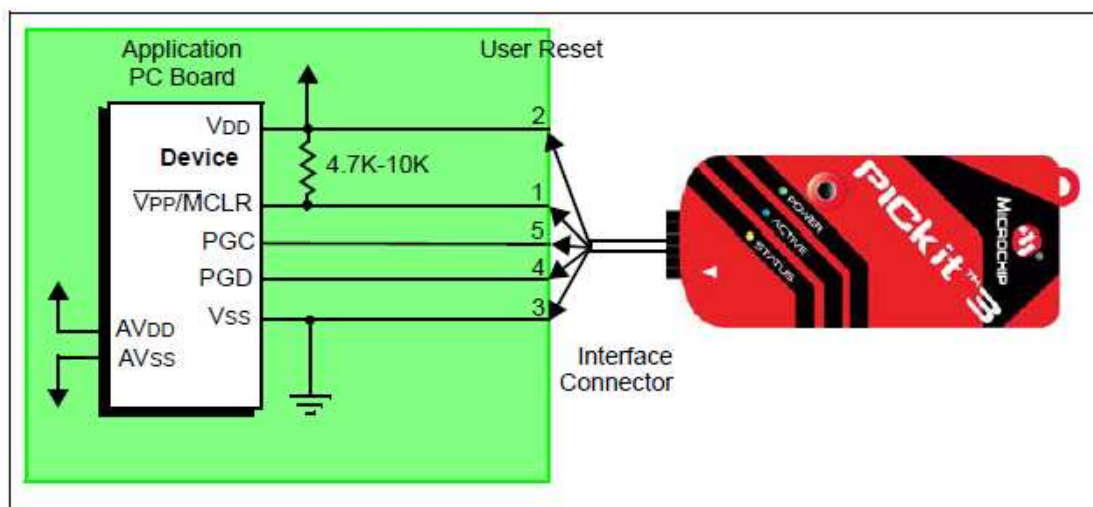
Programování obvodů v provedení SPDIP je poměrně snadné, stačí je zasunout do programátoru, naprogramovat a posléze vložit do patice na desce plošného spoje. Problém nastává u obvodů v provedení QFN, SSOP, QFP nebo SOIC, které jsou určeny pro povrchovou montáž. Pro ně často žádné patice neexistují, a pokud existují, tak jsou často velmi drahé.

Jednou z možností, jak tento problém řešit je využití tzv. ICSP rozhraní. ICSP (in circuit serial programmer(ing)) umožňuje programovat obvod, který je již osazený na DPS (obrázek 4.12). Microchip používá toto rozhraní u všech svých obvodů.



Obr. 4.12 Programátor a simulátor PICkit se jednoduše připojí k osazené DPS pomocí 6-ti pinového konektoru.

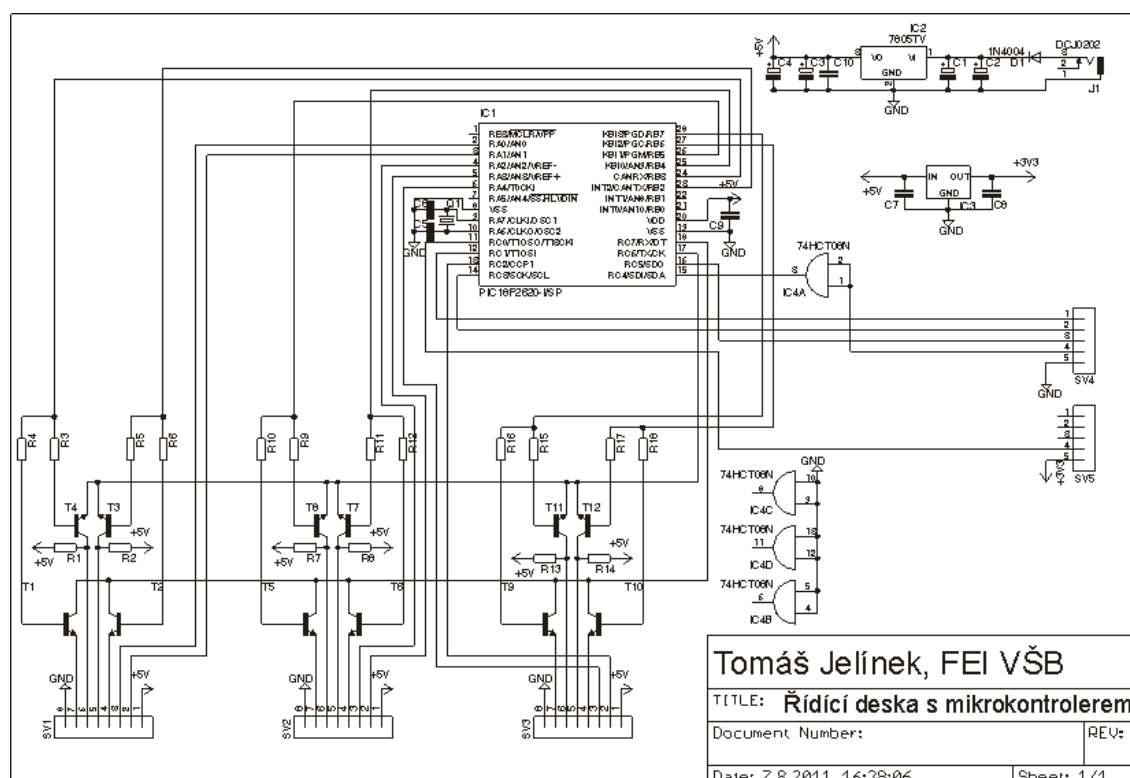
Pickit3 je vybaven konektorem pro rozhraní ICSP, protože je ale SPDIP obvod možné osadit do patice a je tak možné ho kdykoliv vyjmout, rozhodl jsem se nakonec ICSP do navrhovaného schématu nezahrnout a procesor programovat mimo DPS.



Obr. 4.13 Připojení programátoru k obvodu pomocí rozhraní ICSP³⁵

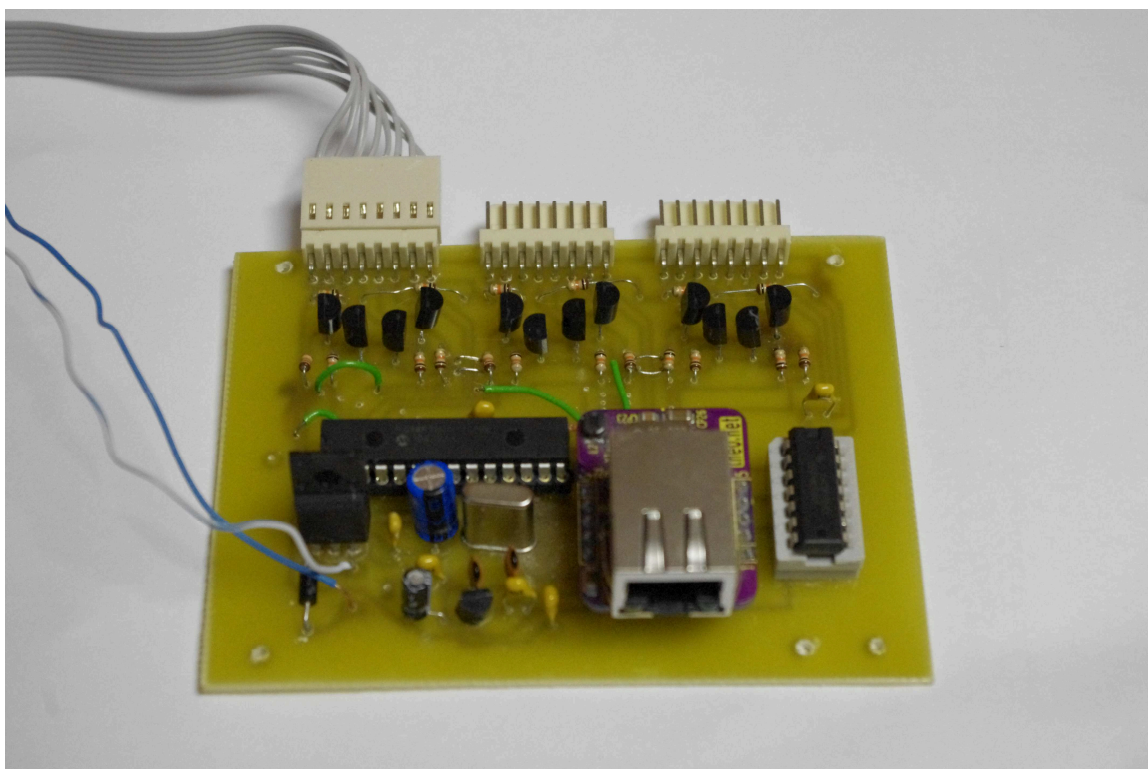
4.3 Návrh DPS řídicí desky s mikrokontrolérem

Řídicí deska je jakýmsi základním kamenem celého zařízení. Obsahuje obvody pro napájení celého zařízení, mikrokontrolér a konektory jednotlivých zozhraní.

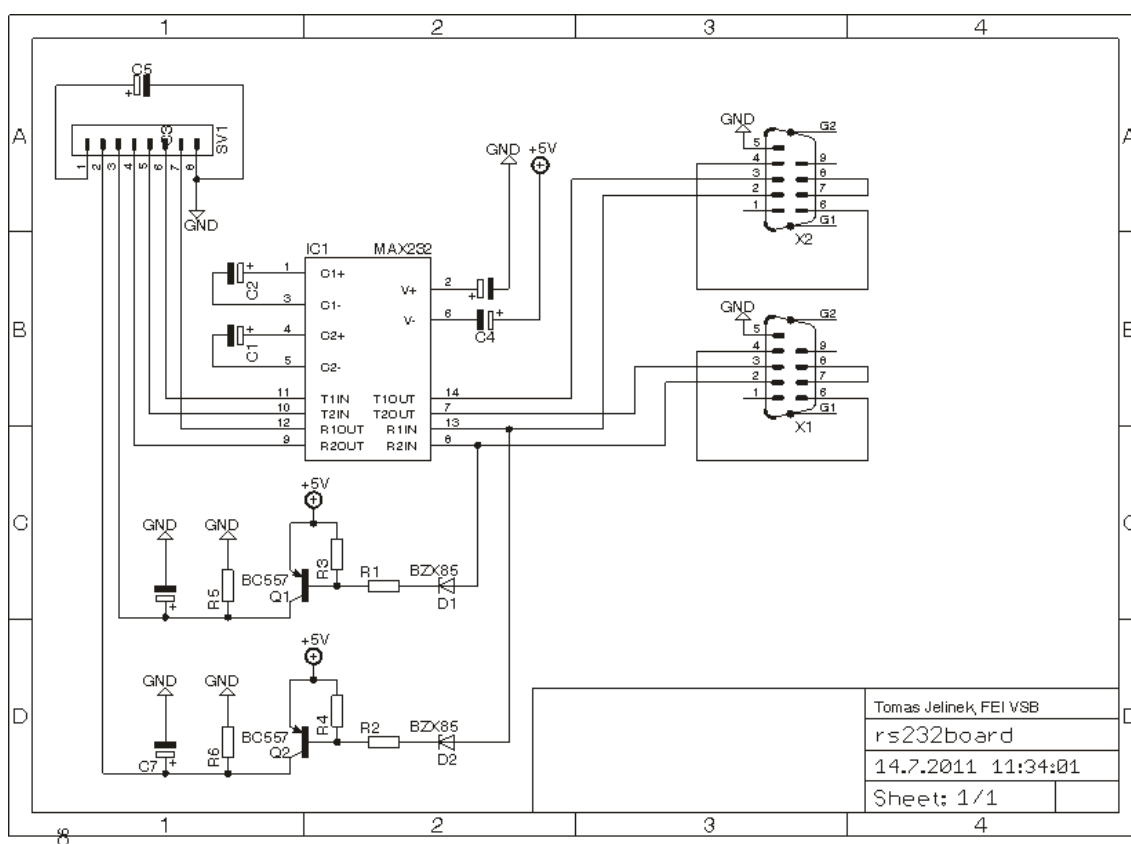


Obr. 4.14 Schéma zapojení řídicí desky s mikrokontrolérem

³⁵ Internetová prezentace Microchip. Microchip [online]. [cit. 2011-4-5]. Dostupné z: <http://www.microchip.com>



Obr. 4.15 Řídící deska s mikrokontrolérem (s osazeným Ethernetovým modulem)



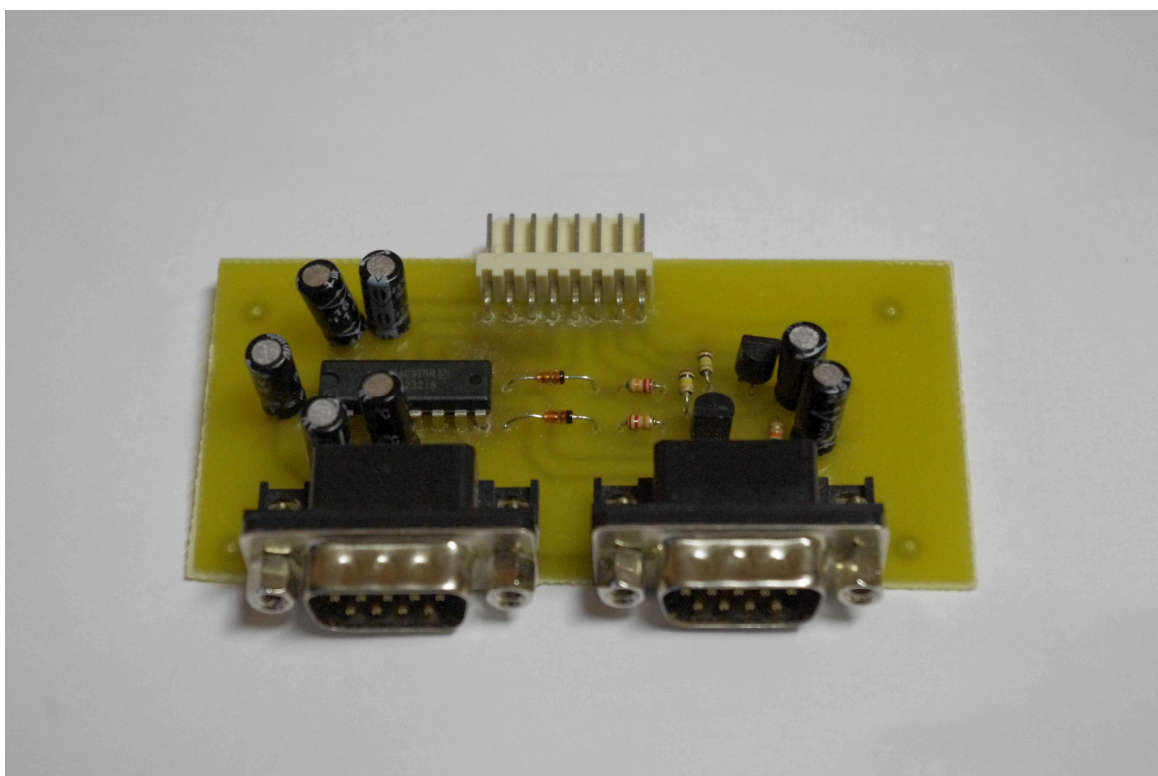
Obr. 4.16 Schéma zapojení desky s porty RS232

Deska je navržena tak, aby mimo vlastního mikrokontroléru s krystalem obsahovala i obvody pro napájení celého zařízení. Zatímco mikrokontrolér a moduly s RS-232 porty jsou napájeny napětím 5V, modul s Ethernetovým rozhraním je napájen napětím 3,3V. Z toho vychází i návrh a mimo stabilizátoru 7805 i stabilizátor 7833. Tranzistory BC547C se starají o přepínání mezi jednotlivými porty.

Návrh schématu i DPS je na přiloženém CD.

4.4 Návrh DPS desky s porty RS232

Návrh vychází z obvodu MAX232, který umožňuje při nevyužití řídicích vodičů zapojit 2 porty RS-232. Dále obsahuje 2 tranzistory, které slouží k předávání informace o tom, že se na portu objevila data.



Obr. 4.15 Deska s porty RS232

5 Implementace řídicího software

Pro vývoj řídicího software jsem použil překladač a vývojové prostředí od společnosti MikroElektronika. Tato společnost nabízí překladače jazyků mikroC, mikroBasic a mikroPascal pro různé mikrokontroléry. Mezi podporovanými jsou i 8, 16 i 32-bitové mikrokontroléry Microchip.

5.1 Ethernet a jeho konfigurace

Implementace komunikace pomocí Ethernetu a protokolu TCP/IP není na mikrokontrolerech Microchip nic nového. Na internetu můžeme najít mnoho komerčních a nekomerčních implementací.

MikroElektronika dodává k překladačům jazyků mikroC, mikroBasic a mikroPascal vlastní knihovny. Tyto knihovny slouží k řešení nejčastějších aplikací mikrokontrolérů. V řídicím software je použito hned několik knihoven MikroElektroniky. Využity jsou i knihovny dalších tvůrců, které jsou nejčastěji dostupné na diskusním fóru na webu společnosti MikroElektronika.

Asi nejdůležitější knihovnou, kterou řídicí software využívá je knihovna SPI Ethernet Library. Tato knihovna je navržena pro zjednodušení práce s ethernetem. Určitá úroveň znalostí o ethernetu a jeho protokolech (ARP, IP, TCP/IP, UDP/IP, ICMP/IP) se i tak očekává.

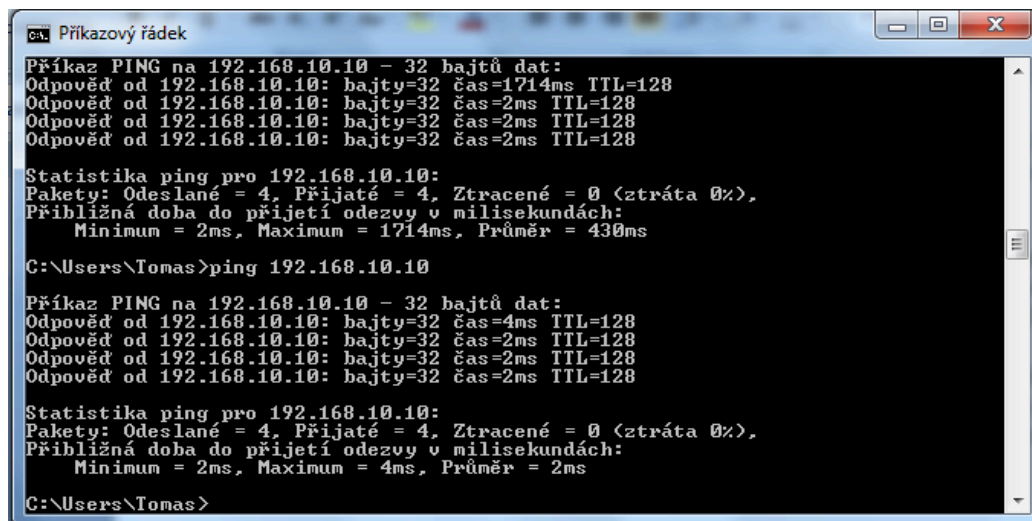
Řídicí software dále využívá knihovnu UART, Conversions, Eeprom, String, SPI, Telnet server.

Vlastní kód tak má jen 224 řádků. Právě rychlost implementace při použití velké spousty knihoven dodávaných s produkty Mikroelektroniky jsou jejich velkou výhodou. Velkou část kódu navíc zabírá počáteční inicializace stavu přerušení, informace o defaultním nastavení Ethernetové komunikace, nastavení vstupních a výstupních pinů apod.

Zde je procedura s daty pro inicializaci ethernetové komunikace:

```
Procedure Eth_SetParameters; // nastavení parametrů
Begin
  Str2Ip('192.168.10.10',eth_ip_addr); // IP adresa
  //Str2Ip('192.43.244.18',eth_ntp_addr);
  Str2Ip('192.168.10.1',eth_gateway); // Brána
  Str2Ip('255.255.255.0',eth_mask); // Masky IP
  Str2Mac('0005A30080AA',eth_mac); // MAC adresa
end;
```

6 Oživení zařízení a jeho použití



```
ca. Příkazový řádek
Příkaz PING na 192.168.10.10 - 32 bajtů dat:
Odpověď od 192.168.10.10: bajty=32 čas=1714ms TTL=128
Odpověď od 192.168.10.10: bajty=32 čas=2ms TTL=128
Odpověď od 192.168.10.10: bajty=32 čas=2ms TTL=128
Odpověď od 192.168.10.10: bajty=32 čas=2ms TTL=128

Statistika ping pro 192.168.10.10:
Pakety: Odeslané = 4, Přijaté = 4, Ztracené = 0 (ztráta 0%),
Přibližná doba do přijetí odezvy v milisekundách:
    Minimum = 2ms, Maximum = 1714ms, Průměr = 430ms

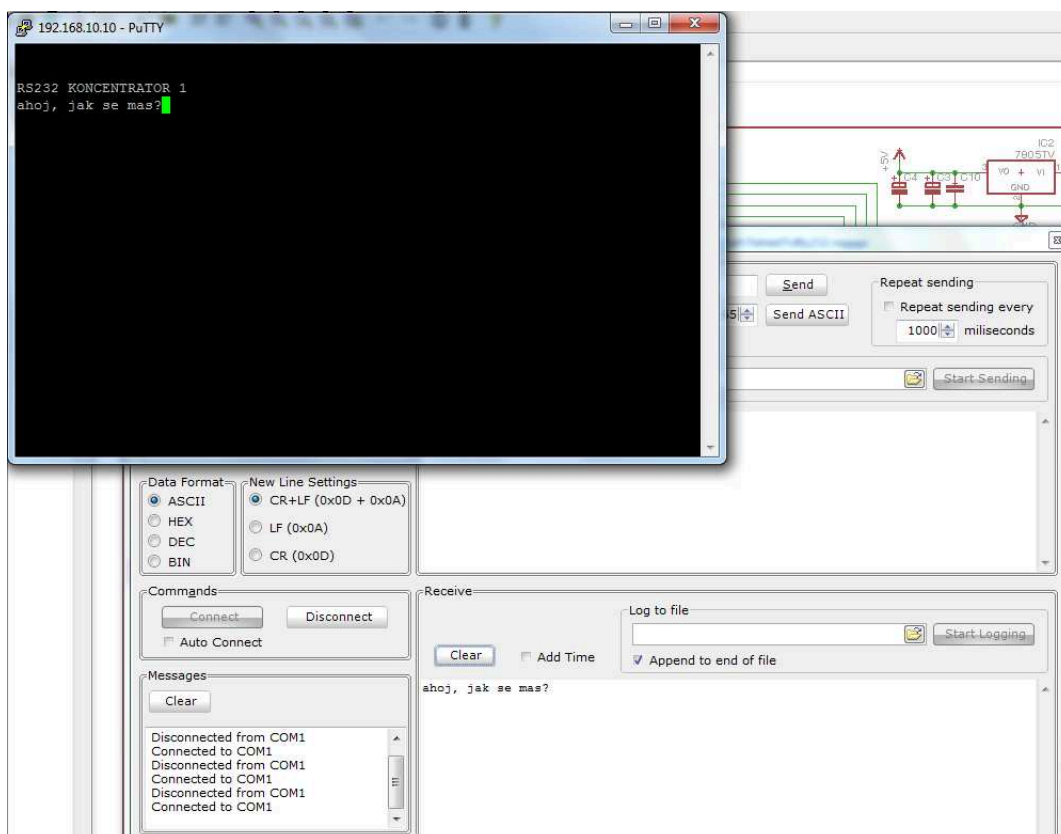
C:\Users\Tomas>ping 192.168.10.10

Příkaz PING na 192.168.10.10 - 32 bajtů dat:
Odpověď od 192.168.10.10: bajty=32 čas=4ms TTL=128
Odpověď od 192.168.10.10: bajty=32 čas=2ms TTL=128
Odpověď od 192.168.10.10: bajty=32 čas=2ms TTL=128
Odpověď od 192.168.10.10: bajty=32 čas=2ms TTL=128

Statistika ping pro 192.168.10.10:
Pakety: Odeslané = 4, Přijaté = 4, Ztracené = 0 (ztráta 0%),
Přibližná doba do přijetí odezvy v milisekundách:
    Minimum = 2ms, Maximum = 4ms, Průměr = 2ms

C:\Users\Tomas>
```

Obr 6.1 Ping



Obr 6.2 Ukázka komunikace mezi terminálem a PuTTY

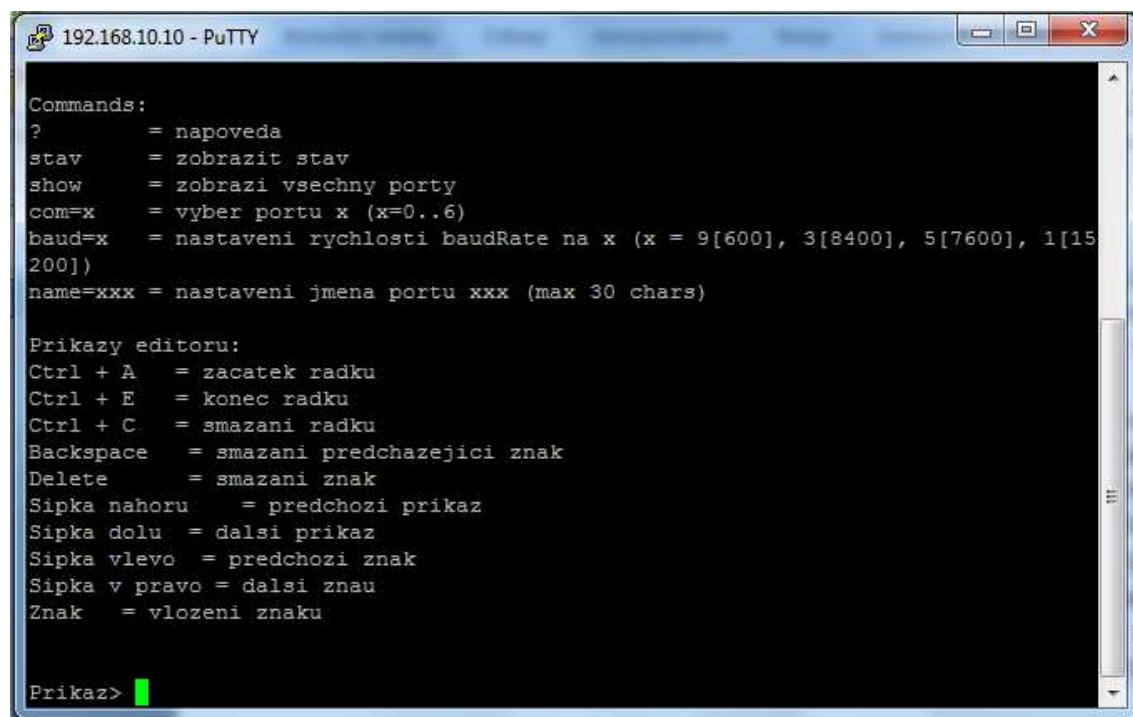
Prvním krokem je naprogramování mikrokontroléru. To je trochu obtížnější, protože MikroElektronika nepodporuje programátor PicKit3. Umožňuje ale překlad do hexa souboru. S hexa souborem je pak možné mikrokontrolér naprogramovat v MPLABU IDE dodávaném k PicKitu3.

Dále je nutné osadit desky podle přiložených schémat a propojit je kabelem. Modul Ethernetu se zasouvá do konektorku přímo na řídicí desce s mikrokontrolérem.

Nejprve je vhodné vyzkoušet ethernetovou komunikaci. Výborným pomocníkem při tom je obyčejný Ping (implementace ethernetu podporuje protokol ICMP).

Dalším krokem je už jen otestovat vlastní komunikaci. U Windows 7 již není terminál jako býval u předchozích verzí Windows. Je ale možné využít terminál obsažený ve vývojových nástrojích Mikroelektroniky (množství podobných nástrojů je další velkou výhodou těchto prostředí). Jako klienta telnetu jsem použil známou aplikaci PuTTY (obrázek 6.2).

6.1 Použití zařízení



```
192.168.10.10 - PuTTY

Commands:
?          = napoveda
stav       = zobrazit stav
show       = zobrazí všechny porty
com=x      = vyber portu x (x=0..6)
baud=x     = nastavení rychlosti baudRate na x (x = 9[600], 3[8400], 5[7600], 1[15200])
name=xxx   = nastavení jména portu xxx (max 30 chars)

Prikazy editoru:
Ctrl + A   = začátek řádku
Ctrl + E   = konec řádku
Ctrl + C   = smazání řádku
Backspace  = smazání předcházející znak
Delete     = smazání znak
Sipka nahoru = předchozí příkaz
Sipka dolů  = další příkaz
Sipka vlevo = předchozí znak
Sipka vpravo = další znak
Znak       = vložení znaku

Prikaz> █
```

Obr 6.3 Návod koncentrátoru přes telnet

Použití zařízení je velice jednoduché. Na adrese 192.168.10.10 portu 2323 je administrační rozhraní, ve kterém lze měnit základní parametry (rychlost přenosu jednotlivých portů apod.) a zkontrolovat stav zařízení. Návod k tomuto rozhraní lze vyvolat zasláním znaku „?“. Jednotlivá rozhraní pak mají porty 2301 až 2306.

7 Možná budoucí rozšíření a změny

7.1 Hardware

Tato kapitola je věnována možnému dalšímu vývoji zařízení. Některá rozšíření již byla zmíněna v předcházejících kapitolách.

Několikrát bylo například zmíněno rozšíření o další rozhraní RS-232. Protože je celé zařízení modulární, stačí pouze vyměnit řídicí desku za desku s mikrokontrolérem s větším počtem vstupních/výstupních pinů. Celé zařízení navíc bylo navrhováno tak, aby i rozšiřující desky s porty RS-232 mohly být použity v jiných zařízeních (tak jako je v tomto zapojení použit ethernetový modul, který nebyl přímo pro toto zařízení navržen, může být modul RS-232 použit v jiných zapojeních).

Hardware by bylo možné také rozšířit o další rozhraní (USB, CAN, IRDA apod.).

7.2 Software

Tak jako je možné rozšířit hardware je možné rozšířit i software zařízení. Větší rozšiřování ale vyžaduje změnu mikrokontroléru. Současný řídicí software využívá téměř všechno paměť RAM a jakékoliv rozšiřování je tak velmi omezené.

Původně jsem předpokládal, že zařízení bude možné konfigurovat nejen pomocí telnetu, ale i pomocí jednoduché internetové stránky. Nakonec se ale ukázalo, že zbylé systémové prostředky jsou nedostatečné.

Přesto došlo k pokusu server implementovat. Knihovny obsažené v překladačích MikroElektronika obsahují jednoduchý http server. To umožňuje vytvořit pohodlné a snadno ovladatelné konfigurační rozhraní mezi uživatelem a zařízením. Server je omezen jak funkčně (rozhodně se nevyrovná například serveru Apache apod.), tak prostorově (hardwarový návrh nepočítá s žádným externím uložištěm dat, vše je uloženo v paměti mikrokontroléru). To s sebou přináší i velká omezení při tvorbě stránek. Ty jsou součástí aplikace obsažené v mikrokontroléru.

Line	Message No.	Message Text
149	1016	Warning: Source size (2) does not match destination size (4095)
150	1016	Warning: Source size (450) does not match destination size (4095)
150	1016	Warning: Source size (50) does not match destination size (4095)
224	1010	Hint: Unit "TelnetToRs232.mpas" has been recompiled
0	134	Compiled Successfully
0	139	All files Compiled in 359 ms
0	1144	Used RAM (bytes): 3749 (95%) Free RAM (bytes): 198 (5%)
0	1144	Used ROM (bytes): 39956 (61%) Free ROM (bytes): 25580 (39%)
0	143	Project Linked Successfully
0	140	Linked in 1264 ms
0	141	Project "TelnetToRs232.mpppi" completed: 3479 ms
0	103	Finished successfully: 07 8 2011, 20:32:10

Obr 8.1 Závěrečný výpis překladače obsahující údaje o velikosti kódu a využití RAM mikrokontroléru

Implementovaný server s konfiguračními stránkami nakonec nemohl být zahrnut do finální verze řídicího software. Je však na přiloženém CD a je možné jej použít v případě, že by došlo k náhradě řídicího mikrokontroléru (pozn.: V současné době Microchip uvádí na trh nové mikrokontroléry s vylepšenými vlastnostmi, které by umožnily použití této nepoužité části kódu).

8 Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout koncentrátor RS-232 portů z běžně dostupných komponent. Konkrétně se jednalo o koncentrátor, který je vzdáleně zpřístupněný pomocí ethernetu. Celé zařízení má přiměřené rozměry a je možné začít od 2 portů a dále jej rozšiřovat až na 6 portů. Je také splněna podmínka modulární konstrukce s možností rozšiřování o další porty RS-232. Stačí vyměnit desku s mikrokontrolérem za desku, která umožní další rozšíření.

Nejprve byly vybrány potřebné komponenty. Ukázalo se jako velmi vhodné použít již hotový ethernetový modul, který obsahuje hůře dostupné součástky. Použitý 8-bitový mikrokontrolér Microchip je poměrně dobře dostupný u dodavatelů elektronických součástek. Dále bylo nutné vyřešit problém napájením ethernetového modulu a zajistit, aby bylo možné všechny komponenty napájet stejným napětím. Na základě vybraných komponent byl vytvořen návrh plošného spoje, který se povedlo navrhnout tak, aby byl pouze jednostranný s několika drátovými propojkami.

Řídící software je implementován pro překladač mikroPascal od společnosti Mikroelektronika.

Budoucímu rozšíření a změnám byla věnována předchozí kapitola. Návrh hardware i software splnil očekávání a v práci jsou naznačeny možnosti dalšího budoucího rozšíření projektu. Při prvotním rozhodování byl zvolen vývoj s použitím knihoven, které dodává ke svým překladačům společnost MikroElektronika. Tyto knihovny umožňují snadnou implementaci TCP/IP a velmi tak usnadňují vývoj software.

9 Bibliografie

1. **Vojáček, A.** EZL- 50 a EZL- 60 - modul a kit převodníku Ethernet - RS-232. hw.cz. [Online], 2005. [citováno 2010-4-6]. Dostupné z: <<http://hw.cz/Produkty/Obecne-produkty/ART1205-EZL--50-a-EZ--60---modul-a-kit-prevodniku-Ethernet---RS-232.html>>.
2. **Olmr, V.** HW server představuje - Sériová linka RS-232. hw.cz. [Online] 2005. [Citováno: 2010-4-4]. Dostupné z: <<http://hw.cz/rs-232>>.
3. **Tišnovský, P.** Komunikace pomocí sériového portu RS-232C podruhé. root.cz. [Online] 2008-11-12. Citováno: 2010-4-4]. Dostupné z: <<http://www.root.cz/clanky/komunikace-pomoci-serioveho-portu-rs-232c-podruhe/>>.
4. **Klaška, L.** Ethernet po 30 letech (1) - trocha historie nikoho nezabije. Svetsiti [online]. 2003, [cit. 2011-04-26]. Dostupný z: <<http://www.svetsiti.cz/print.asp?rubrika=Technologie&clanekID=247>>.
5. INTEL [online]. Intel, prezentace společnosti, 2011 [cit. 2011-04-12]. Dostupné na: <<http://www.intel.com/technology/product/index.htm>>.
6. PC Engines: Alix1d. PC Motory GmbH [online]. Zurich. [cit. 2011-04-07]. Dostupné z: <<http://pcengines.ch/about.htm>>.
7. Microchip: 24F family. Microchip [online]. USA. [cit. 2011-04-07]. Dostupné z: <<http://microchip.com/ParamChartSearch/chart.aspx?branchID=8181&mid=14&lang=en&pageId=75>>.
8. Internetová prezentace Microchip. Microchip [online]. [cit. 2011-4-5]. Dostupné z: <http://www.microchip.com>>
9. Microchip: PIC18F2525/2620/4525/4620 Data Shee. Microchip [online]. USA. [cit. 2011-04-07]. Dostupné z: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39626e.pdf>>
10. Microchip: ENC28J60 Data Sheet. Microchip [online]. USA. [cit. 2011-04-07]. Dostupné z: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39662c.pdf>>
11. **Chitil, J.** Obvod MAX232. 8bitu.cz [online]. [cit. 2011-04-07]. Dostupné z: <<http://www.8bitu.cz/clanek/obvod-max232/>>.